

Andreas J. Dietrich

Informationssysteme für Mass Customization

Institutionenökonomische Analyse und Architekturentwicklung



GABLER EDITION WISSENSCHAFT

Andreas J. Dietrich

Informationssysteme für Mass Customization

GABLER EDITION WISSENSCHAFT

Andreas J. Dietrich

Informationssysteme für Mass Customization

Institutionenökonomische Analyse und Architekturentwicklung

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Stefan Kirn

Deutscher Universitäts-Verlag

Bibliografische Information Der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dissertation Universität Hohenheim, Stuttgart, 2007

D 100

1. Auflage September 2007

Lektorat: Frauke Schindler / Stefanie Brich

Der Deutsche Universitäts-Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.
www.duv.de



Umschlaggestaltung: Regine Zimmer, Dipl.-Designerin, Frankfurt/Main
Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier
Printed in Germany

ISBN 978-3-8350-0838-0

Geleitwort

Im Zuge der Entwicklung zu Käufermärkten, verstärkt durch verschiedenste Globalisierungstendenzen, hat sich auf der Seite der Produzenten ein Wandel vollzogen, bei dem die Unterscheidung zwischen kunden- bzw. auftragsorientierter Einzelfertigung einerseits und Großserien- oder Massenfertigung andererseits zunehmend verschwimmt.
Praxis und Wissenschaft haben darauf mit der Entwicklung neuer Fertigungs- und Logistikkonzepte reagiert, die sich durch erhöhte Flexibilität und stärkere Kooperation auszeichnen. Eine besondere Bedeutung hat hier in jüngster Zeit das Konzept der Mass Customization (MC) erlangt; dabei werden in standardisierter Weise individualisierbare Produkte zu Kosten produziert und zu Preisen am Markt angeboten, die denen bei klassischer Massenproduktion entsprechen oder zumindest nahe kommen.
Die Umsetzung dieser Strategie betrifft alle betrieblichen Funktionsbereiche und hat erhebliche Konsequenzen für Planung und Management unternehmensübergreifender Lieferketten. So ist beispielsweise rasch einsehbar, dass die endkundenspezifische Individualisierung von Gütern und Dienstleistungen enorme Anforderungen an die Koordination und damit sowohl an das inner-, vor allem aber an das überbetriebliche Informationsmanagement stellt. Den betrieblichen Informationssystemen kommt für die Umsetzung der MC-Unternehmensstrategie deshalb eine besondere Bedeutung zu. Dennoch sind dabei auftretende Anforderungen an MC-geeignete Unternehmenssoftwaresysteme bisher noch keiner systematischen Analyse unterzogen worden.
Auf solider theoretischer Basis – Prinzipal-Agenten- sowie Transaktionskostentheorie leisten hier wichtige Dienste für das Requirements Engineering – entwickelt Dietrich eine Mass Customization Informationssystemarchitektur. Diese integriert das Informations- und das Prozessmanagement von der Produktdefinition über alle Produktionsstufen bis zur Auslieferung an den Kunden und bewahrt dabei zugleich die Entscheidungs- und Handlungsautonomie der beteiligten Akteure. Die Ergebnisse seiner Arbeit validiert er in überzeugender Weise anhand einer Fallstudie aus der Schuhindustrie.
Damit stellt Dietrich einen integrativen, holistischen Lösungsansatz zur Verfügung, um die bei Mass Customization auftretenden Herausforderungen für Produktion, Lieferkettenmanagement und Logistik auch informationssystemseitig adäquat zu adressieren. Nicht nur angesichts der hohen wissenschaftlichen und industriellen Bedeutung von Mass Customization, sondern auch vor dem Hintergrund der schon jetzt sehr positiven Reaktionen aus den involvierten „Communities“ darf man gespannt sein, wie die Fachwelt die Ergebnisse dieser durchweg sehr gelungenen Arbeit aufnimmt und weiterentwickelt.
Dem auch aus der Information Systems Engineering-Perspektive sehr spannend geschriebenen Werk ist auf alle Fälle eine große Leserschaft zu wünschen.

Univ.-Prof. Dr. Stefan Kirn

Vorwort

Gerade in engen, von Käufern geprägten Märkten müssen Unternehmen geeignete Strategien zur Sicherung ihrer Wettbewerbsfähigkeit entwickeln. Die betriebliche Umsetzung solcher Wettbewerbsstrategien ist Voraussetzung für die Realisierung von Wettbewerbsvorteilen. Die strategischen Zielvorstellungen müssen dabei in operative Maßnahmen überführt werden. Die vorliegende Arbeit fokussiert in diesem Zusammenhang zwei aktuelle Ansätze zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen: Einerseits erhöhen Unternehmen die Vielfalt ihrer Produkte, um mittels Individualisierung diversifizierte Kundenwünsche erfüllen zu können. Andererseits verringern Unternehmen ihre Wertschöpfungstiefe durch die Verschiebung von Wertschöpfungsstufen auf vorgelagerte Unternehmen. Die Kombination führt zur Wettbewerbsstrategie „Mass Customization“ (MC), die eine Verbindung von Prinzipien der Massenproduktion (Effizienzvorteile) mit kundenbezogener Fertigung vorschlägt (Individualisierungsvorteile). Eine wichtige Rolle spielen dabei die Auswahl und Integration geeigneter Informations- und Kommunikationssysteme. Die vorliegende Arbeit hat deshalb das Ziel, die Anforderungen der Wettbewerbsstrategie Mass Customization an Informationssysteme zu untersuchen (Analyse) und eine Anwendungsarchitektur für zukünftige MC-Informationssysteme zu entwickeln (Design).

Für die *Analyse* wird das Modell eines mehrstufigen, überbetrieblichen Wertschöpfungssystems verwendet, das aus Akteuren, ihren zugeordneten Rollen, Transaktionen und einem individualisierbaren Sachgut besteht. Die Ableitung der Anforderungen berücksichtigt einerseits die in der Wirtschaftsinformatik vorhandenen Konzepte der Integrationsarchitekturen und untersucht, ob sich diese für MC-Informationssysteme eignen. Andererseits wendet die Arbeit eine institutionenökonomische Analyse mittels Transaktionskostentheorie und Prinzipal-Agenten-Theorie an. Dabei stehen die erhöhten Informationsbedarfe aufgrund der Individualisierung im Vordergrund. Der transaktionskostentheoretische Teil der Analyse konzentriert sich auf die Transaktionen innerhalb des Wertschöpfungssystems und deren Einflussfaktoren. Die agenturtheoretische Analyse fokussiert hingegen das Verhältnis zwischen den einzelnen Akteuren einer Austauschbeziehung und berücksichtigt mögliche Informationsasymmetrien.

Innerhalb des *Designs* wird ein Gestaltungsvorschlag für ein Mass Customization Informationssystem in Form einer Anwendungsarchitektur entwickelt. Es werden Methoden der Meta- und Referenzmodellierung verwendet. Im Vordergrund steht dabei der dynamische Charakter von Mass Customization Wertschöpfungssystemen, der sich sowohl aus der Individualisierung des Sachgutes als auch aus der auftragsspezifischen Zusammenstellung des Wertschöpfungssystems ergibt. Die generische Anwendungsarchitektur wird anhand einer Fallstudie konkretisiert. Der Untersuchungsansatz der vorliegenden Arbeit basiert im Wesentlichen auf einer Anforderungsanalyse mittels der Neuen Institutionenökonomik. Da im Soft-

ware Engineering meist empirische Instrumente eingesetzt werden, existieren bislang nur wenige theoriebasierte Ansätze. Mit diesem Hauptbestandteil liefert die Arbeit neue Erkenntnisse über die Anwendbarkeit ökonomischer Theorien für die Ermittlung von Anforderungen an Informationssysteme.

Diese Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik 2 der Technischen Universität Ilmenau (2002-2003) und am Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik II der Universität Hohenheim (2003-2006). Von 2002 bis 2004 arbeitete ich an dem BMBF-Verbundprojekt „EwoMacs", das mir thematisch wie organisatorisch günstige Rahmenbedingungen für die wissenschaftliche Tätigkeit bot.
Mein persönlicher Dank gilt dabei meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Stefan Kirn, der Vertrauen in meine Arbeit gesetzt hat und mir den Freiraum gab, eigenständig forschen zu können. Weiterhin danke ich Herrn Prof. Dr. Walter Habenicht für die Übernahme des Zweitgutachtens und Herrn Prof. Dr. Alexander Gerybadze für den Vorsitz der Prüfungskommission.
Ohne die Einbettung in ein kollegiales Umfeld ist Forschung nicht denkbar. Daher danke ich allen Kolleginnen und Kollegen des Lehrstuhls Wirtschaftsinformatik 2 der Technischen Universität Ilmenau und des Lehrstuhls Wirtschaftsinformatik II der Universität Hohenheim sowie den Projektpartnern im Forschungsprojekt „EwoMacs". Besonders verbunden bin ich meinem guten Freund und Kollegen Dr. Christian Meiler für seine unermüdliche Bereitschaft zum Gedankenaustausch und seine Unterstützung. Ihm danke ich herzlich. Dank gilt weiterhin den vielen Diskussionspartnern und Helfern, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben (insbesondere Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christian Anhalt, Dr. Martin Hafner, Dr. Jörg Leukel, Monika Neudecker, Prof. Dr. Michael Stephan, Prof. Dr. Ingo J. Timm und Björn Wagner). Danken möchte ich auch den Studierenden (allen voran Dipl. oec. Jens Dürr), die einen Beitrag zu dem Thema dieser Arbeit geleistet haben. Hervorheben möchte ich außerdem den Dank an Frau Dr. Barb Scheller, ohne deren Betreuung zu Studienzeiten ich den Weg in die Wirtschaftsinformatik möglicherweise verpasst hätte.
Zu großem Dank verpflichtet bin ich meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, Bernd und Inge Dietrich, die mich in allen Abschnitten meines Lebens über die Maße unterstützt haben. Freiheit, Vertrauen und familiäre Verbundenheit haben wesentlich dazu beigetragen, auch dem Ziel der Promotion stets mit Mut und Entschlossenheit entgegen zugehen.
Mein größter Dank gilt meiner lieben Freundin und zukünftigen Ehefrau Saskia, die das wissenschaftliche und mentale „Auf und Ab" durch die Jahre hinweg mit großem Verständnis begleitet hat. Sie hat mir immer wieder Kraft für die Arbeit gegeben und zugleich geholfen, den Blick auf das „Leben neben der Diss" nicht zu verlieren.

Andreas J. Dietrich

Inhaltsübersicht

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

AF	Anwendungsfall
AN	Anbieter
APS	Advanced Planning System
ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
BE	Business Engineering
BIM	Bereichsorientiertes Interdependenzmodell
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BME	Bundesverband für Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V.
BPEL	Business Process Execution Language
BPEL4WS	Business Process Execution Language for Web Services
BPML	Business Process Modeling Language
BPSS	Business Process Specification Schema
CBR	Case-Based Reasoning
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CPA	Collaboration Protocol Agreement
CPP	Collaboration Protocol Profiles
CSA	Customer Specific Articles
CSP	Constraint Satisfaction Problem
cXML	Commerce XML
DTD	Document Type Definition
DUNS	Data Universal Numbering System
DV	Datenverarbeitung
EAN	European Article Numbering Association
ebXML	Electronic business XML
eCX XML	Electronic Catalog XML
EDI	Electronic Data Interchange
EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport
EP	Entkopplungspunkt
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
ERM	Entity-Relationship-Methode, Entity-Relationship-Modell
ERP	Enterprise Resource Planning
ETIM	Elektrotechnisches Informationsmodell
EU	Europäische Union
HSCM	House of Supply Chain Management
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IAO	Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation der Fraunhofer-Gesellschaft
IBM	Integriertes Bereichsmodell
IDEF	Integrated Definition Methods
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers

ILN	Internationale Lokationsnummer
IOS	Interorganisationssystem
IS	Informationssystem
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
IuK	Information und Kommunikation
IW	Individualisierungswert
JSP	Java Server Pages
KIM	Kölner Integrationsmodell
KSA	Kommunikationsstrukturanalyse
LAN	Local Area Network
MC	Mass Customization
MCK	MC-Koordinator
MM	Metamodell
MRO	Maintenance, Repair and Operations
NA	Nachfrager
NAICS	North American Industry Classification System
NAPCS	North American Product Classification System
NIAM	Nijssen Information Analysis Methodology
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards
OFF	Organizational Failure Framework
OMG	Object Management Group
PCM	Product configuration model
PIP	Partner Interface Processes
PM	Produktmodell
PS	Produktspezifikation
PSM	Product spectrum model
PTP	Point-to-Point
RNBD	RosettaNet Business Dictionary
RNIF	RosettaNet Implementation Framework
RNTD	RosettaNet Technical Dictionary
SAF	Store-and-Forward
SCM	Supply Chain Management
SCOR	Supply Chain Operation Reference Model
SCP	Structure-Conduct-Performance-Paradigma
SI	Spezifizierungsintermediär
SOA	Service-orientierte Architektur
SOE	Service-oriented Enterprise
SOM	Semantisches Objektmodell
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
TK	Transaktionskosten

TP	Transaktionsphasen
UCC	Uniform Code Council
UDDI	Universal Description Discovery and Integration
UDM	Unternehmensdatenmodell
UFM	Unternehmensfunktionsmodell
UM	Unternehmensmodell
UML	Unified Modelling Language
UMM	UN/CEFACT Modelling Methodology
UN/CEFACT	United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business
UN/SPSC	United Nations Standard Products and Service Code
UPC	Universal Product Code
W3C	World Wide Web Consortium
WAN	Wide/World Area Network
WSCI	Web Service Choreography Interface
WSDL	Web Services Description Language
WSFL	Web Service Flow Language
xCBL	XML Common Business Library
XML	eXtensible Mark-up Language
XPath	XML Path Language

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Das Streben nach Individualität stellt in unserer Gesellschaft ein allgegenwärtiges Lebensprinzip dar. Mit Kleidung prägt der Einzelne sein äußeres Erscheinungsbild, die Gestaltung des eigenen Lebensraums entspricht seiner Auffassung von Wohlbefinden und das eigene Verhalten ist ein Spiegelbild seiner Werte und Normen. Nicht unfreiwillig geben wir Menschen dennoch partiell diese Einzigartigkeit auf und richten uns nach gesellschaftlichen und durch das Umfeld vorgegebenen Grundsätzen. So schließen wir uns beispielsweise in Vereinen und Interessengemeinschaften zusammen und akzeptieren das gegenseitige Grüßen als allgemein angemessene Verhaltensweise. Die Verdeutlichung von Ähnlichkeit und Verschiedenheit ist hierbei eine grundlegende Erfahrung und beeinflusst auch polarisierend das Verhalten der Menschen untereinander [SiMu97, 11].
Auch innerhalb von Wirtschaftssystemen kommt das Spannungsfeld zwischen standardisierten und dem einzelnen Kunden angepassten Produkten immer stärker zum Ausdruck. Ob als notwendige Reaktion auf den Wandel von Verkäufer- zu Käufermärkten oder als Maßnahme zur Realisierung von Erlebniskäufen – die Individualisierung der Nachfrage ist ein branchenübergreifender Entwicklungstrend. Automobilhersteller stellen Systeme zur Auswahl von individuellen Fahrzeugausstattungen bereit (z. B. der „Car Configurator" der BWM AG [BMW06] oder der „Audi Konfigurator" der Audi AG [Audi06]), Computerhersteller erlauben die individuelle Ausstattung von Rechnersystemen (z. B. Dell Deutschland GmbH [Dell05]), Musikunternehmen ermöglichen die Zusammenstellung individueller Tonträger (z. B. Individual Compact Disc [Indi06]) und Branchen wie die Schuhindustrie bieten kundenindividuelle Modeprodukte an. Die Ausrichtung des Produktangebotes am Kundenwunsch verstärkt sich damit. Zugleich befinden sich Unternehmen in Umgestaltungsprozessen zur Reduzierung ihrer Wertschöpfungstiefe. Dieses Vorgehen wurde bereits im Jahr 2002 von dem Beratungsunternehmen Roland Berger im Rahmen einer internationalen Studie als eine von sieben strategischen Maßnahmen für Unternehmen bezeichnet [Berg02]. Die aktuelle Praxisrelevanz bestätigt beispielsweise die Automobilindustrie, in der nach einer Studie von Mercer Management Consulting und der Fraunhofer Gesellschaft der Anteil von Zulieferunternehmen an der Gesamtwertschöpfung von 65% im Jahr 2002 auf 77% im Jahr 2015 zunehmen soll [VDA05, 60]. Die Verschiebung von Wertschöpfungsstufen auf vorgelagerte Wertschöpfungspartner (insbesondere auf Zulieferer) verursacht jedoch bei der Herstellung individualisierter Güter zusätzlichen Abstimmungsbedarf. Im Laufe der Auftragsabwicklung findet ein Übergang von auftragsneutralen zu kundenspezifischen Aktivitäten statt. Die Festlegung dieses Übergabepunktes (auch: Entkopplungspunkt [Schu99] oder Order-Penetration-Point [Schn97, 137]) entscheidet darüber, welche der beteiligten Unternehmen standardisierte Produktbestandteile fertigen und ab welchem Zeitpunkt die auftragsbezogene Produktion beginnt.

Die Auswirkung der Verlagerung von Wertschöpfungsstufen unter Berücksichtigung der Individualisierbarkeit von Gütern ist in Abbildung 1 dargestellt. Eine ähnliche Grafik findet sich in [Cors01a, 101]. Ausgehend von einem Entkopplungspunkt (EP) zwischen der dritten und vierten Stufe des Herstellungsprozesses werden drei mögliche Gestaltungsvarianten der Lieferkette dargestellt. In Fall ❶ übernimmt der Hersteller die Stufen 1 bis 4 und verantwortet damit den Übergang von der auftragsneutralen zur auftragsbezogenen Fertigung. Der Hersteller *H* bezieht ausschließlich standardisierte Produktbestandteile, die von Zulieferer *Z* bereitgestellt werden. In Fall ❷ ist der Individualisierungsvorgang dem Zulieferer *Z1* zugeordnet. Der Hersteller übernimmt weiterhin die kundenspezifischen Wertschöpfungsschritte 1 und 2. Für die Stufen 3 und 4 ist jedoch Zulieferer *Z1* zuständig. Zulieferer *Z2* liefert ausschließlich standardisierte Komponenten. Die Individualisierungsinformationen müssen in diesem Fall an die vorgelagerte Stufe (Zulieferer *Z1*) weitergeleitet werden, da zunächst nur dem Hersteller *H* die Kundenwünsche für die Produktanpassung vorliegen. In Fall ❸ wird die Verlagerung der Wertschöpfungsleistungen fortgesetzt, so dass die Individualisierung dem Zulieferer *Z2* zugeordnet ist. Damit müssen die Individualisierungsinformationen, die sich sowohl auf das Produkt als auch auf das Wertschöpfungssystem auswirken können, vom Hersteller über den Zulieferer *Z1* zum Zulieferer *Z2* weitergereicht werden. Neben der Bereitstellung technischer Informationssysteme für die Zusammenarbeit in derartigen Wertschöpfungsmodellen müssen auch konzeptionelle Anforderungen erfüllt werden. So ist es nicht ausreichend, lediglich Produktmerkmale weiterzuleiten (z. B. Farbe, Größe etc.). In Abhängigkeit von dem jeweiligen Produkt müssen Beschreibungen über den Aufbau, die Möglichkeit zur Anpassung und auch Informationen zurück an den Kunden (z. B. über Kapazitätsengpässe oder fehlende Lagerbestände) übertragen werden. Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Koordination der überbetrieblichen Zusammenarbeit bei der individualisierten Produktion von Sachgütern in Wertschöpfungssystemen der Massenfertigung, und dort speziell mit dem Entwurf von Informationssystemen, welche die Individualisierung der Produkte entlang der Wertschöpfungskette unterstützen.

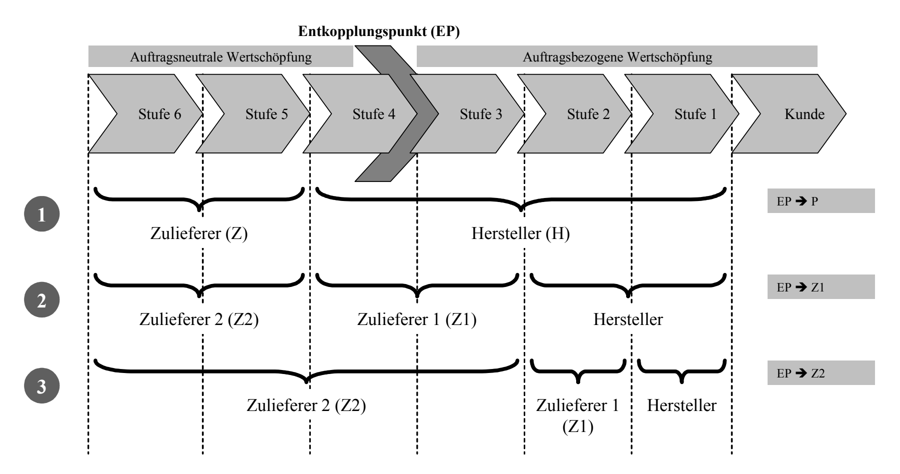


Abbildung 1: Auswirkungen der Verringerung von Wertschöpfungstiefe

Das Aufeinandertreffen der grundsätzlich antagonistisch wirkenden Ziele „Individualisierung“ und „Standardisierung“ wird auch in der Entwicklung betriebswirtschaftlicher Konzeptionen erkennbar. So verbindet das Konzept der kundenindividuellen Massenfertigung (engl. Mass Customization) [Pine94, Pill03] diese beiden Begriffe mit scheinbar sprachlicher Leichtigkeit. Unter Mass Customization wird eine Unternehmens- bzw. Wettbewerbsstrategie verstanden, welche die Fertigung individueller Produkte unter Bedingungen der Massenproduktion realisiert. Die beiden beschriebenen Entwicklungsrichtungen (Individualisierung der Güter und Reduzierung der Wertschöpfungstiefe) lassen sich unter Zuhilfenahme dieser Wettbewerbsstrategie analysieren. Als scheinbar widersprüchliche Kombination von Massenproduktion und Einzelfertigung stellt dieses Konzept einen Erklärungsansatz für die Individualisierung des Leistungsangebotes im Massenmarkt dar. Die betriebliche Umsetzung von Wettbewerbsstrategien (auch: Strategieimplementierung, s. Abschnitt 2.1.4) ist die Voraussetzung für die Nutzengewinnung aus den in Aussicht gestellten Potentialen und ist damit ein wesentlicher Bestandteil der strategischen Unternehmensführung. Auch die Auswahl, die Gestaltung und die Integration von Informations- und Kommunikationssystemen (IuK-Systeme) gehören zu den notwendigen Bestandteilen des strategischen Managements [HaMa91, 94]. Aus dieser Perspektive untersucht die vorliegende Arbeit die Anforderungen der Mass Customization Wettbewerbsstrategie an überbetriebliche Informationssysteme und entwickelt Gestaltungsvorschläge für die Architektur dedizierter Mass Customization Informationssysteme. Damit ordnet sich die Arbeit in einen zentralen Bereich der Wirtschaftsinformatik ein: der Entwicklung betrieblicher Informationssysteme [KuSt90, 4; LHMa95, 5; Schw00, 16-17; Hein01, 14]. Obwohl in den vergangenen Jahren zunehmend informationstechnologische Fragestellungen im Zusammenhang mit der Produktion kundenindividueller Güter wissenschaftlich behandelt wurden [vgl. BFKA05 und ChGr04], spielt Mass Customization in

der Wirtschaftsinformatik bislang nur eine untergeordnete Rolle [RePi03, 518]. Die vorliegende Arbeit hat deshalb zum Ziel, einen wesentlichen Beitrag zu diesem Forschungsgebiet zu leisten.

1.2 Forschungsansatz

Inhaltliches Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Anwendungsarchitektur als Gestaltungsempfehlung für zukünftige unternehmensübergreifende Mass Customization Informationssysteme. Gegenstand der Arbeit sind demnach Informationssysteme, die in Mass Customization Wertschöpfungssysteme integrierte Unternehmen einsetzen sollen, um deren interorganisationale Integration zu unterstützen. Voraussetzung hierfür sind geeignete Architekturmodelle und standardisierte Schnittstellen zwischen den Akteuren von Wertschöpfungssystemen sowie deren Informationssystemen. Dafür entwickelt und verwendet die vorliegende Arbeit eine in der betriebswirtschaftlichen Theorie fundierte Software-Engineering-Perspektive. Neben den softwaretechnologischen Anforderungen stehen hierbei auch organisatorische Fragestellungen beim überbetrieblichen Austausch von Daten für die Produktindividualisierung im Vordergrund. Dabei unterstellt die Arbeit grundsätzlich, dass Unternehmen in mehrstufigen Wertschöpfungssystemen ihre Eigenständigkeit behalten (also auch die Kontrolle über ihre Unternehmenssoftware) und dass sich Wertschöpfungssysteme im Zeitablauf ändern können und zur Ausschöpfung von Individualisierungspotenzialen sogar dynamisch anpassbar sein müssen.
Folgende, die Forschung leitende Fragen stehen im Mittelpunkt der Arbeit:

1. Welchen inhaltlichen Beitrag leisten die Integrationsarchitekturkonzepte der Wirtschaftsinformatik bei der Entwicklung einer überbetrieblichen Mass Customization Anwendungsarchitektur?
2. Welchen inhaltlichen Beitrag leisten ökonomische Theorien für die Analyse von Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme?
3. Welche Anforderungen müssen Mass Customization Informationssysteme erfüllen, um mehrstufige, überbetriebliche Wertschöpfungssysteme bei der Bereitstellung kundenindividueller Produkte zu unterstützen?
4. Erfüllen die vorhandenen Informationssystemansätze zur Unterstützung von überbetrieblicher Zusammenarbeit und von Produktmodellierung die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme?
5. Eignet sich eine generische Anwendungsarchitektur von Mass Customization Informationssystemen für eine Anpassung an spezifische Anwendungsbereiche?

Auf Basis dieser Fragestellungen lässt sich die übergeordnete Forschungsfrage wie folgt formulieren:

Wie müssen Informationssysteme zukünftig gestaltet sein, damit die durch die Wettbewerbsstrategie Mass Customization implizierten Anforderungen erfüllt werden und diese Systeme die Umsetzung von Mass Customization in effektiver (d. h. zielführend) und effizienter Art und Weise (d. h. kostenminimal) ermöglichen?

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sechs Abschnitte. Nach der Einleitung mit einer Darstellung der Ausgangssituation, der Zielsetzung, des Forschungsansatzes und des Aufbaus der Arbeit (Abschnitt 1) folgt in Abschnitt 2 die Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes: Informationssysteme für Mass Customization. In Abschnitt 2.1 wird zunächst Mass Customization als Wettbewerbsstrategie eingeführt. Anschließend werden deren Merkmale diskutiert und der Bedarf nach spezifischen Informationssystemkonzepten begründet. Da die vorliegende Arbeit Konzepte der Meta- und Referenzmodellierung verwendet, folgt die Darstellung des in der Arbeit zugrunde liegenden Modellbegriffs (2.2.1). Weiterhin werden die Begriffe Informations- bzw. Anwendungssystem und Ansätze zur Modellierung von Informationssystem- und Integrationsarchitekturen beschrieben und in Hinblick auf ihre Eignung für Mass Customization untersucht (2.2.2). Damit fokussiert dieser Abschnitt die Beantwortung der ersten Forschungsfrage. Der Abschnitt enthält außerdem die Darstellung eines generischen Architekturrahmens, der bei der Architekturentwicklung verwendet wird. Die Anwendungsarchitektur wird als Referenzmetamodell im Sinne von [Rosm96] modelliert, um anwendungsbezogene Aspekte von Mass Customization bereits strukturell in das Informationssystem einbeziehen zu können. Damit basiert die Architektur auf einem einheitlichen Metamodell. Der Grundlagenteil wird abgeschlossen mit der Definition von Produktkonfiguration und -architektur und einer Erweiterung dieser Begriffe für die vorliegende Arbeit (2.2.3). Die Entwicklung der Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme muss die spezifischen Anforderungen der Wettbewerbsstrategie Mass Customization erfüllen. Zu deren Ermittlung wird im Rahmen dieser Arbeit ein theoriebasiertes Vorgehen gewählt. In der Analyse der prinzipiell geeigneten Theorieansätze wird die Auswahl der Neuen Institutionenökonomik als in der Arbeit verwendetes Theoriegerüst begründet (3.1). Wie die Bewertung zeigt, bieten die Teiltheorien Transaktionskostentheorie und Prinzipal-Agenten-Theorie aufgrund ihres Einbezugs von Informations- und Kommunikationskosten in die Austauschbeziehungen und aufgrund der Berücksichtigung von Informationsasymmetrien zwischen den Akteuren geeignete Instrumente für die Analyse von Mass Customization spezifischen Anforderungen an Informationssysteme (IS-Anforderungen). In Abschnitt 3.2 wird ein Grundmodell eines Mass Customization Wertschöpfungssystems als Analyseobjekt entwickelt. Da das gewählte Wertschöpfungsmodell aus Rollen, die Akteuren als handelnde Wirtschaftssubjekte zugeordnet werden, aus Transaktionen (ökonomische Austauschbeziehungen) und aus dem herzustellenden Sachgut besteht, kann für die Ermittlung der Anforderungen an Mass Custo-

mization Informationssysteme die Transaktionskostentheorie und die Prinzipal-Agententheorie verwendet werden. Mittels Transaktionskostentheorie werden zunächst die veränderten akteurs- und umweltbezogenen Merkmale der Austauschbeziehungen bewertet. Anschließend werden die IS-Anforderungen für jede Transaktion des Mass Customization Wertschöpfungssystems abgeleitet (3.3). Zur Verfeinerung werden die Transaktionen anschließend im Sinne von Auftraggeber-Auftragnehmer-Beziehungen auf Basis der Prinzipal-Agententheorie untersucht. Hierbei werden insbesondere asymmetrische Informationsverteilungen zwischen den Akteuren berücksichtigt. Nach der Bewertung möglicher Informationsprobleme zwischen den Akteuren werden die IS-Anforderungen überprüft und präzisiert (3.4). Die beiden Abschnitte der theoriebasierten Analyse untersuchen damit die Eignung ökonomischer Theorien für die Ableitung von Anforderungen an Informationssysteme und fokussieren die zweite Forschungsfrage. In Abschnitt 3.5 werden die abgeleiteten Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme zusammenfassend dargestellt und funktional spezifiziert. Damit gibt dieser Teil eine Antwort auf Forschungsfrage 3, die sich auf die Ermittlung der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme bezieht. Informationssysteme im Sinne der Arbeit erfüllen dann ihren Zweck zur Operationalisierung der Wettbewerbsstrategie Mass Customization, wenn erhöhte Kosten bei einer Umorientierung der Unternehmen von Massenproduktion hin zur kundenindividuellen Produktion durch den Einsatz von Informationstechnologie gesenkt werden können. Auf Basis der ermittelten Anforderungen werden in Abschnitt 4 vorhandene informationstechnologische Konzepte dargestellt. Gemäß der inhaltlichen Positionierung werden zunächst Ansätze für den überbetrieblichen elektronischen Geschäftsverkehr erläutert und bewertet (4.1). Es schließt sich die Analyse von Ansätzen für konfigurierbare Produkte an (4.2). Das Kapitel endet mit einer Diskussion spezifischer IS-Konzepte, die explizit für Mass Customization entwickelt wurden (4.3). Ausgehend von der vorgenommenen Analyse vorhandener Konzepte wird der Handlungsbedarf abgeleitet, der die inhaltlichen Gestaltungsvorgaben für die Entwicklung der Anwendungsarchitektur vorgibt. In diesem Abschnitt wird untersucht, inwieweit die vorhandenen IS-Konzepte die Anforderungen an eine Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme erfüllen. Damit wird eine Antwort auf die vierte Forschungsfrage gegeben. In Abschnitt 5 wird der Gestaltungsvorschlag für Mass Customization Informationssysteme in Form einer Anwendungsarchitektur vorgestellt. Nach einer Festlegung von Entwurfsentscheidungen und nach der Beschreibung des Vorgehens zur Entwicklung der Drei-Ebenen-Architektur in 5.1 werden in den Abschnitten 5.2.1 bis 5.2.3 die einzelnen Ebenen dargestellt. Die Architekturebenen sind zunächst in allgemeiner Form, d. h. ohne Anwendungsbezug modelliert. Das Architekturkapitel schließt in Abschnitt 5.3 mit einer Fallstudie für die Schuhindustrie, in der die entwickelte Anwendungsarchitektur beispielhaft konkretisiert wird. Hiermit wird eine Antwort auf die Forschungsfrage 5 gegeben. Die Arbeit endet mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf weiterführende Forschungsaktivitäten (6). Der Aufbau ist in Abbildung 2 zusammenfassend dargestellt.

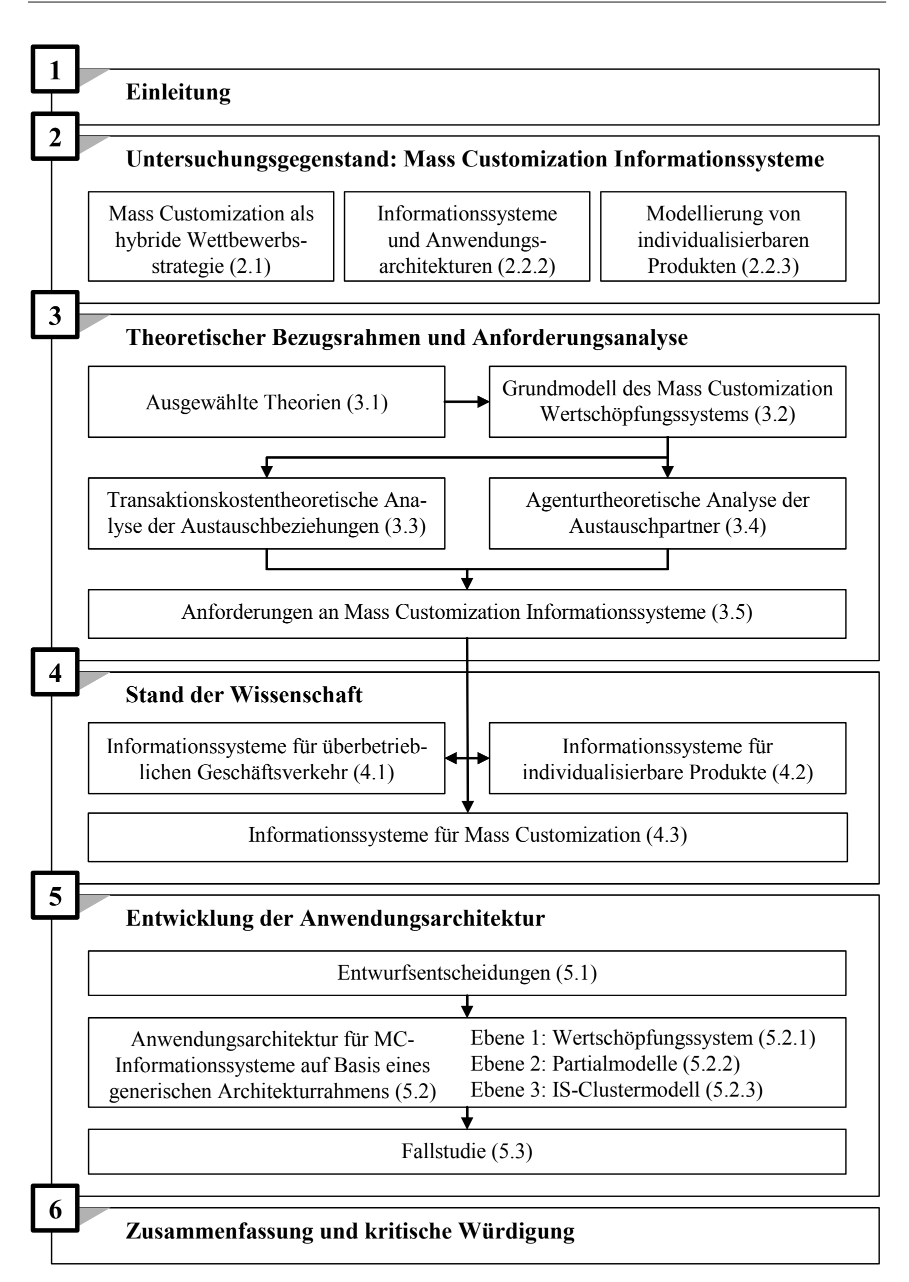


Abbildung 2: Aufbau der Arbeit

2 Informationssysteme für Mass Customization

2.1 Wettbewerbsstrategie Mass Customization

2.1.1 Generische und hybride Wettbewerbsstrategien

Innerhalb der Betriebswirtschaftslehre bezeichnet *Strategie* die Planung und Ausführung von Maßnahmen eines Gesamtkonzeptes, durch das sich ein Unternehmen im Wettbewerb mit anderen Unternehmen behauptet, d. h. am Markt erfolgreich sein kann, und die gesetzten Ziele erreicht [vgl. Hint82, 24]. Eine Strategie besteht aus einer Menge von Entscheidungen oder aus Aktionen und Handlungen [Mint78, 935; MiWa85, 257; HaMa88, 39; vgl. Cors98, 3]. Ein Überblick zur Entwicklung des Strategiebegriffs im deutsch- und angloamerikanischen Raum kann [Welg92, 166-169] entnommen werden. Der Begriff der Wettbewerbsstrategie wird häufig in Zusammenhang mit dem „Modell der fünf Wettbewerbskräfte“ nach Porter genannt. Demnach entspricht die Umsetzung einer Wettbewerbsstrategie einer Festlegung von Aktivitäten zur Sicherung der Position eines Unternehmens innerhalb einer Branche. Die zu berücksichtigenden Wettbewerbskräfte sind hierbei:

- Gefahr durch neue Marktteilnehmer,
- Bedrohung durch Substitutionsprodukte,
- Verhandlungsmacht der Kunden,
- Verhandlungsmacht der Lieferanten und
- Rivalität zwischen etablierten Wettbewerbern [Port92, 22].

Eine Wettbewerbsstrategie kombiniert die vom Unternehmen verfolgten Ziele mit den zu deren Erreichung notwendigen Mitteln und bestimmt damit die Maßnahmen einer Unternehmung in seiner Wettbewerbssituation [Olem95, 32; Port99b, 64ff.]. Trotz des bisher fokussierten Verständnisses von Wettbewerbsstrategien auf Unternehmen und der Ausrichtung ihrer Aktivitäten an definierten Zielen besteht in der Literatur eine begriffliche Vielfalt. Eine Übersicht der verschiedenen Strategieausprägungen kann beispielsweise [Cors98, 6-7] entnommen werden.

Das Klassifikationsmerkmal des strategischen Grundprinzips bzw. der Basis des Wettbewerbsvorteils führt zu den strategischen Grundausrichtungen *Kostenführerschaft*, *Differenzierung* und *Konzentration* (Nischenstrategie), die von Porter entwickelt wurden und auch als generische Wettbewerbsstrategien bezeichnet werden [Port99a, 38ff.]. Bei der Differenzierung konkurrieren Unternehmen über den Kundennutzen ihrer Leistung (z. B. Produkteigenschaften), produktbegleitende Serviceleistungen und Qualität. Dabei können hohe Verkaufspreise erzielt werden [Port99a, 189f. und 209f.]. Im Gegensatz dazu basiert die Kostenführerschaft auf dem Ausnutzen von Kostensenkungspotentialen, die ein im Vergleich zum Wettbewerb preisgünstiges Angebot von Produkten ermöglichen [Port99a, 143ff.]. Realisiert

werden kann der Kostenvorteil durch Größenvorteile („Economies of Scale"), Verbundeffekte („Economies of Scope"), Lern- und Erfahrungskurveneffekte, die Ermittlung günstiger Beschaffungsquellen und die Realisierung niedriger Vertriebskosten etc. [vgl. Pill98, 43f.]. Die Konzentration unterscheidet schließlich, ob die Kostenführerschaft oder die Differenzierung auf dem gesamten Markt umgesetzt wird oder ob das Unternehmen nur Teilmärkte (Nischen) abdeckt [Port92, 35-38].

Die als Alternativhypothese bezeichnete Forderung von Porter, dass Unternehmen nur bei der exklusiven Wahl einer der beiden Strategien (Kostenführerschaft oder Differenzierung) erfolgreich sein können, formuliert die Gefahr für Unternehmen „zwischen den Stühlen" [Port99a, 44f.] zu stehen. Der Strategieformulierung von Porter wird jedoch kritisch entgegengehalten, dass die beschriebenen Konzepte statisch angelegt sind und damit keine dynamischen Merkmale abbilden können [Kalu95, 87]. Die Kritik schlägt sich in einer Weiterentwicklung in Form von alternativen Strategiekonzepten nieder [vgl. CoWi94, 265-267; Flec95; PrPr97; vgl. Pill01b, 48]. In diesem Zusammenhang ist der Begriff der *hybriden Wettbewerbsstrategie* entstanden, die beispielsweise anhand der Simultaneitätshypothese die ausdrücklich vorteilhafte gleichzeitige Umsetzung mehrerer Strategietypen begründet [CoWi94, 263]. Nach Fleck können folgende drei Arten hybrider Wettbewerbsstrategien unterschieden werden [Flec95, 61]:

- Sequentielle hybride Strategien (zeitliche Entkoppelung),
- multilokale hybride Strategien (räumliche Entkoppelung) und
- simultane hybride Strategien.

Sequentiell hybride Strategien legen die jeweils angemessene Wettbewerbsstrategie in einer zeitlichen Abhängigkeit fest (z. B. im Outpacing-Ansatz unter Berücksichtigung von Wettbewerbsphasen [GiSt87, 31-32]) [Flec95, 62]. Die Wahl der strategischen Ausrichtung kann somit wechseln. Den Fokus auf die räumliche Ausgestaltung von Wertschöpfungsaktivitäten haben multilokale hybride Strategien. Als Basis hierfür gilt die Duale Internationalisierungsstrategie nach Carl [Carl89, 197], die eine Vereinbarkeit von Globalisierungs- und Lokalisierungsstrategie für möglich hält. Die Globalisierung entspricht der Kostenführerschaft, der Differenzierung die Lokalisierung [Flec95, 71]. Simultan hybride Strategien verbinden schließlich die gleichzeitige Umsetzung von Differenzierung und Kostenführerschaft. Aus Sicht des Kunden entsteht eine Nutzensteigerung aufgrund der Erhöhung des Differenzierungsgrades, Unternehmen verbessern ihre Kostenpositionen durch das Ausnutzen von Effizienzvorteilen [Flec95, 84ff.]. Mass Customization gehört zu den simultan hybriden Strategien.

2.1.2 Mass Customization als hybride Wettbewerbsstrategie

2.1.2.1 Begriffe und Abgrenzungen

Dem Konzept der Mass Customization liegen Gedanken Alvin Tofflers zugrunde, die im Zusammenhang mit allgemeinen Überlegungen zu Veränderungen von Märkten aufgrund einer Sättigung des Konsumbedarfs und des Drangs zur Individualität in den USA der 1950er und 1960er Jahren entstanden sind [Toff70]. Toffler widerspricht der Ansicht, dass Industrialisierung ausschließlich zu Konformität führt. Vielmehr ist er vom Gegenteil überzeugt, verweist aber auf eine parallele Entwicklung von Standardisierung und Individualisierung. Trotz der vorausgesagten Kostenneutralität für individualisierte Standardprodukte geht Toffler davon aus, dass die „Vorteile der Differenzierung und Individualisierung von der Komplexität des vom Käufer zu bewältigenden Entscheidungsprozesses aufgehoben werden“ [Toff71, 215]. Eine der ersten expliziten Erwähnungen des Begriffs „Mass Customization“ findet sich im Jahr 1987 bei Davis [Davi87; Davi96]: „Mass Customization of markets means that the same large number of customers can be reached as in the mass markets of the industrial economy, and simultaneously they can be treated individually as in the customized markets of preindustrial economies“ [Davi96, 177].
Der Begriff wurde Anfang und Mitte der 1990er Jahre in der amerikanischen Literatur von Joseph B. Pine weiterentwickelt. Als „maßgeschneiderte Massenfertigung“ wird eine Strategie beschrieben, die „Vielfalt und Kundenbezogenheit durch Flexibilität sowie rasche Reaktionsbereitschaft [schafft]“ [Pine94, 78]. Das Ziel ist, Kunden preisgünstige Güter (Produkte und Dienstleistungen) mit starkem Kundenbezug und mit Individualität anzubieten [Pine94, 78]. Im deutschsprachigen Raum wurde Mass Customization vor allem von Frank T. Piller aufbereitet und weiterentwickelt. Unter Berücksichtigung der organisationalen und wettbewerbsstrategischen Wirkungen neuer Informations- und Kommunikationstechnologien innerhalb der Informationsgesellschaft definiert er in pragmatischer Form: „Mass Customization (kundenindividuelle Massenfertigung) ist die Produktion von Gütern und Leistungen für einen (relativ) großen Absatzmarkt, welche die unterschiedlichen Bedürfnisse jedes einzelnen Nachfragers dieser Produkte treffen, zu Kosten, die ungefähr denen einer massenhaften Fertigung eines zugrunde liegenden Standardproduktes entsprechen“ [Pill01a, 206]. Aufgrund der Tatsache, dass die Möglichkeit zur Individualisierung von Produkten für Kunden einen in Geld zu bewertenden Zusatznutzen darstellen kann, relativiert Piller in der 3. Auflage seines Buches diese Aussage. So gilt als notwendiges Merkmal für Produktangebote, die dem Konzept von Mass Customization zuzurechnen sind, eine Preispolitik, „die der Zahlungsbereitschaft von Käufern vergleichbarer massenhafter Standardprodukte“ entspricht [Pill03, 190]. Der Wechsel von Marktsegmenten wird damit ausgeschlossen. Aufgrund der prinzipiell gleichzeitigen Kombination von Leistungsindividualisierung und massenhafter Herstellung gehört Mass Customization zu den simultan hybriden Wettbewerbsstrategien. Neben „Mass

Customization“ und „kundenindividuelle Massenfertigung“ finden sich in der Literatur weitere synonyme Begriffe: z. B. „Massen-Maßfertigung“ und „maßgeschneiderte Massenfertigung“ [Mert95; Pine94]. In der vorliegenden Arbeit wird jedoch die Bezeichnung „kundenindividuelle Massenfertigung“ bevorzugt. Der englische Begriff „Mass Customization“ wird zudem synonym verwendet. Für weitere Ausführungen zu betriebswirtschaftlichen Problembereichen der Mass Customization sei u. a. auf [Pill01a, 246.; Knol02; ScSe02] verwiesen.

Neben der Wettbewerbsstrategie Mass Customization existieren weitere Strategiekonzepte mit teilweise vergleichbaren oder ähnlichen Merkmalen: „High-volume flexible production“ [Carn93, 98], „Consumer co-construction“ [Burn93, 303], „Postponement“ [vgl. Wolf97] und „Dynamische Produktdifferenzierung“ [Kalu96, 201].

Das Konzept der Mass Customization wird in der Literatur aus einer Vielzahl wissenschaftlicher Perspektiven betrachtet. Während der Ausgangspunkt der Diskussion im Bereich der Wettbewerbsstrategien zu finden ist (siehe oben: Mass Customization als hybride Wettbewerbsstrategie), wurde das Konzept mittlerweile auch aus den Perspektiven des Marketings, der Produktionswirtschaft, der Produktentwicklung, der Fertigungstechnik etc. diskutiert. Detaillierte Übersichten der vorhandenen wissenschaftlichen Perspektiven können [Pill03, 192ff.] und [ChGr04, 29ff.] entnommen werden. Für die vorliegende Arbeit sind jedoch nur diejenigen von Bedeutung, die sich mit dem Informationsmanagement und der Gestaltung von Informationssystemen befassen.

Für die Analyse der wesentlichen Eigenschaften von Mass Customization sind in der Literatur unterschiedliche Vorgehensweisen erkennbar. Zunächst kann eine Betrachtung auf Basis der begrifflichen Zusammensetzung von Mass Customization erfolgen (z. B. in [Jäge04]). Demnach weisen Realisierungsformen sowohl wesentliche Eigenschaften der Massenproduktion als auch der Einzelfertigung auf. Ein zweites Verfahren stellt die theoriebasierte Ableitung des Gesamtkonzeptes in den Vordergrund (z. B. [Pill03]). Hierbei werden Definitionen des Begriffs Mass Customization dazu verwendet, spezifische Merkmale zu identifizieren (z. B. Kundeninteraktion als wesentliche Eigenschaft in Folge der notwendigen Anpassung des Produktes an die Bedürfnisse des Kunden). Schließlich eignen sich empirische Analysen dazu, die Relevanz bestimmter Merkmale des Begriffs zu validieren bzw. Merkmalscluster zu erstellen (z. B. in [DWMB00]).

2.1.2.2 Eigenschaften von Mass Customization

Da Mass Customization als Kombination mehrerer Grundkonzepte definiert wird (insbesondere anhand der beiden Konzepte Massenproduktion und Einzelfertigung), erscheint der Nachweis eindeutiger Merkmale von Mass Customization nicht möglich. Vielmehr lassen sich konstituierende (d. h. notwendige) und spezifizierende (d. h. einschränkende) Eigenschaften identifizieren, die in ihrer Kombination eine Abgrenzung zu anderen Wertschöpfungskonzepten ermöglichen. Folgende Merkmale können als wesentlich für das Konzept Mass Customization angesehen werden [DWMB00; PiSt02; Pill03]:

- Interaktionen mit jedem einzelnen Kunden zur Erhebung der Individualisierungsinformationen,
- Maximierung der Kongruenz von Kundenbedürfnissen und Produkteigenschaften,
- Beeinflussung des Produktionsprozesses (Reduzierung der Losgröße bei gleichzeitiger Bestimmung des optimalen Vorfertigungsgrades),
- Modularität des Produktes als Möglichkeit zur Leistungsindividualisierung (als Abgrenzung von der Massenproduktion aus Herstellerperspektive),
- Maximierung der externen Varietät (für den Kunden erkennbar) bei gleichzeitiger Minimierung der internen Varietät (in der Produktion auftretende Vielfalt) [Bart95, 13; Knol99, 69],
- Berücksichtigung von Effizienzpotentialen der Massenfertigung (Economies of Scale, Economies of Scope, Errichtung stabiler Abwicklungsprozesse etc.),
- Einschränkung der Individualisierbarkeit (als Abgrenzung von der Einzelfertigung),
- Teilung der Auftragsabwicklung und Fertigung in standardisierte und kundenspezifische Abschnitte (mehrfacher Entkopplungspunkt, zeitliche Verlagerung der Prozesse),
- Nutzung von Informationssystemen speziell für Produktkonfigurierung, Produktionsplanung, Auftragsverfolgung und Kundenbeziehungsmanagement.

Die zwei Hauptmerkmale der Wettbewerbsstrategie Mass Customization können von dem Begriff selbst abgeleitet werden: Massenhafte Herstellung („Mass“) und Leistungsindividualisierung („Customization“) [Maye93, 153ff.; Pine93, 48-50; Pill03, 204ff.; Jäge04, 15].

2.1.2.2.1 Leistungsindividualisierung als konstitutives Merkmal

Die Leistungsindividualisierung innerhalb von Mass Customization entspricht einer Umsetzung der Differenzierungsstrategie („Customization“). Bei einer Leistungsindividualisierung wird der Gegenstand der Wertschöpfung (z. B. Produkt) auf die Bedürfnisse bzw. Anforderungen einzelner Kunden angepasst. Ansatzpunkt der Individualisierung kann sowohl das Produkt als auch der Herstellungsprozess (d. h. die Produktion) sein. Zu den Arbeiten über Produktindividualisierung gehören beispielsweise [FeLe97] und [TsJi96], Ansätze mit einem Fokus auf die Produktionsindividualisierung sind in [Ande97; GiPi97; Koth95; LoWi03] veröffentlicht.

Für eine umfassende Darstellung der Leistungsindividualisierung unterscheidet Jäger drei Betrachtungsperspektiven [Jäge04, 15-16]:

1. Instrumentelle Perspektive: Zweck der Individualisierung,
2. Konstruktionelle Individualisierung: Produktindividualisierung,
3. Prozessuale Individualisierung: Vorgang der Individualisierung.

Die *instrumentelle Perspektive* stellt fest, dass die Leistungsindividualisierung nicht Selbstzweck ist, sondern eine Nutzensteigerung für den Kunden aufgrund der Passgenauigkeit von Produktwünschen und -eigenschaften nach sich ziehen muss. Ausschlaggebend für den erzielten Nutzengewinn ist die tatsächliche Bedürfnisbefriedigung. Da das Nachfragerverhalten jedoch von der erwarteten Bedürfnisbefriedigung abhängt, entsteht eine kognitive Dissonanz zwischen dem tatsächlichen Nutzen und der Nutzenerwartung [Jäge04, 15-16]. Im Rahmen von Mass Customization muss daher versucht werden, die Differenz zwischen dem erwarteten und dem realisierten Nutzen zu minimieren. Die Erzielung von Wettbewerbsvorteilen mittels Leistungsindividualisierung ist deshalb ein Ziel dieser Strategie [vgl. Pill03, 222]. Bei konsequenter Fortführung der Harmonisierung von Kundenbedürfnissen und Produkteigenschaften wird aus Sicht der *konstruktionellen Perspektive* die produktzentrierte Sichtweise zugunsten einer Eigenschaftsbündelung aufgegeben. Im Vordergrund stehen weniger physische Leistungsmerkmale als Eigenschaften von Produkten, bestimmte Anforderungen der Kunden zu erfüllen. Diese Perspektive betrachtet den Aufbau und die Struktur der angebotenen Leistungen sowie die zur Verfügung gestellten Individualisierungsoptionen [Jäge04, 17]. Aus der *prozessualen Perspektive* wird der Ablauf der Individualisierung beschrieben. Die Erhebung von Individualisierungsinformationen kann hierbei zeitlich und räumlich von der fertigungsbezogenen Realisierung der Individualisierung getrennt sein. Unterschiede einer Mass Customization Wertschöpfungskette im Vergleich zur Massenproduktion können [Pill03, 205] und [Jäge04, 18; erstmals bei ZeJM00, 54-55 und 66] entnommen werden. Der wesentliche Unterschied besteht in der Mitwirkung des Abnehmers zum Zeitpunkt der Bestellung bzw. vor der Fertigung. Dies umfasst einerseits die Interaktion als Austauschbeziehung zwischen dem Hersteller und dem Kunden [Hild97, 32-33] und andererseits die Integration von Informationen oder anderen kundenbezogenen Ressourcen in den Prozess der Leistungsindividualisierung [Jäge04, 18-19]. Effizienzvorteile durch die direkte Beziehung zwischen Hersteller und Kunde bei Mass Customization finden sich in der Literatur unter den Begriffen „Economies of Interaction“ (Interaktionsvorteile) und „Economies of Integration“ (Kundenintegrationsvorteile). Trotz teils abweichender Begriffsverständnisse [vgl. Jäge04, 67-68 und PMSt04] gilt das Konzept der *Kundenintegration* als maßgebliches Erklärungsinstrument für die Potentiale von Mass Customization.

Der Begriff der Kundenintegration im deutschsprachigen Raum geht auf Kleinaltenkamp zurück und beschreibt die Integration von externen Faktoren in den Dienstleistungserstellungsprozess [vgl. Klei96b, 15-16 und KlBu96]. Externe Faktoren können hierbei „Personen […], Objekte, […] Rechte, Nominalgüter und/oder Informationen“ sein [EnKR93, 401]. Anhand der Determinante des Integrationspunktes bezogen auf die Wertschöpfungskette können mehrere Kundenintegrationsarten unterschieden werden (vgl. Abbildung 3). Dieses Modell eignet sich auch zur Präzisierung des Mass Customization Begriffs der vorliegenden Arbeit.

Art der Kundenintegration	Integrationspunkt	Grad / Intensität der Kundenintegration
match-to-order / locate-to-order Auswahl aus Palette mit vorhandenen und standardisierten Produkten auf Basis der Kundenanforderungen	Point-of-Sale / Handel	Grad der Integration des Kunden in die Wertschöpfungskette; Anzahl der kundenspezifischen Wertschöpfungsaktivitäten; Potential zum Ausnutzen von „Economies of Interaction“
bundle-to-order Bündelung vorhandener Einzelprodukte zu einem kundenspezifischen Produkt	Point-of-Sale / Handel	
assemble-to-order Herstellung kundenindividueller Produkte aus standardisierten Komponenten	Endmontage	
made-to-order Fertigung kundenindividueller Produkte mit kundenbezogener Herstellung von Produktkomponenten	Fertigung	
engineer-to-order Kundenbezogene Entwicklung von Produkten („Customer Co-Design“)	Produktentwicklung	

Abbildung 3: Arten und Intensitäten der Kundenintegration [in Anlehnung an PiMö02]

Bei einer Integration des Kunden am Verkaufspunkt (z. B. Handel) ohne physische Produktindividualisierung findet lediglich ein Auswahlprozess statt („match-to-order“). Ausgehend von den ermittelten Kundenwünschen werden hierbei passende Güter des Lagers ausgewählt. Dies entspricht weitgehend der Massenproduktion. Besteht ein Gut als Leistungsbündel aus einer Zusammenstellung mehrerer Produkte oder Produktbestandteile, so werden beim „bundle-to-order“ Einzelprodukte zu kundenspezifischen Produkten zusammengefasst. Mit zunehmendem Integrationsgrad werden Kundeninformationen in vorgelagerten Wertschöpfungsaktivitäten berücksichtigt. So kann auf der Ebene der Endmontage beispielsweise ein Produkt aus mehreren standardisierten Komponenten bzw. Modulen zusammengesetzt werden. In Abgrenzung zum „bundle-to-order“ finden bei der Individualisierung fertigungsbezogene Aktivitäten statt, die nicht im Handel durchgeführt werden können. Bei Produkten, die aus individuellen Komponenten auf Basis vorgegebener Baupläne gefertigt werden, wird von „made-to-order“ gesprochen. Die Individualisierung wird innerhalb der Fertigung vorgenommen. Werden kundenindividuelle Lösungen unter Mitwirkung des Kunden entwickelt und hergestellt, so ist gemäß der Abbildung das höchste Maß an Kundenintegration erreicht („engineer-to-order“). Hierbei handelt es sich eher um Einzelfertigung. Mit der zunehmenden Kundenintegration steigen auch die Anzahl der kundenspezifischen Wertschöpfungsaktivitäten und das Potential zum Ausnutzen von „Economies of Interaction“. Die Gestaltung von Mass Customization Informationssystemen muss die verschiedenen Arten von Kundenintegration berücksichtigten, da diese Auswirkungen auf den Verkaufsprozess (Ermittlung der Individualisie-

rungsinformationen) und die Auftragsabwicklung (Bereitstellung der Individualisierungsinformationen und Koordination der Leistungserstellung) haben. In der zu entwickelnden Anwendungsarchitektur werden diese Abhängigkeiten explizit berücksichtigt.
Die Herstellung von Mass Customization Produkten erfordert die Ermittlung von Kundenanforderungen, die für die Anpassung der Güter verwendet werden. Die Herstellung bzw. die Individualisierung kann erst nach deren Ermittlung durchgeführt werden. Damit weisen Mass Customization Produkte die Eigenschaften von *Kontraktgütern* auf. Als Kontraktgüter werden Versprechen über zukünftige Leistungen bezeichnet. Sie werden verkauft, bevor sie erstellt und die Kunden deren Qualität und Eignung zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse beurteilen können [Kaas92, 897; Kaas95b, 8]. Kaas unterscheidet hierbei drei Transaktionstypen. Es lassen sich die Kontraktgüter-Transaktionen von Austauschgüter-Transaktionen (Austausch von fertigen Leistungen ohne Möglichkeit zur Beeinflussung) und Beziehungen (dauerhafte Geschäftsaktivität) abgrenzen. Die Eigenschaft der Kontraktgüter verursacht Unsicherheiten bei den Anbietern und Nachfragern individueller Leistungen, die sich in externe Unsicherheit (z. B. über Umweltzustände) und interne Unsicherheit (gegenseitige Informationsvorsprünge) unterscheiden lassen. Die Auswirkungen von sog. Informationsasymmetrien werden im Rahmen der theoretischen Analyse in Abschnitt 3.4 ausführlich behandelt und bewertet.
Eine hohe Leistungsindividualisierung führt konzeptionell auch zu einer Steigerung der Kundenorientierung, da der Abdeckungsgrad von Kundenbedürfnissen und Produkteigenschaften größer ist. Dennoch können hierbei auch unternehmerische Risiken entstehen, falls beispielsweise für das eingerichtete Individualisierungspotential keine Nachfrage existiert [vgl. Kreu05, 13] oder aufgrund steigender Produktkomplexität technisch oder ökonomisch unlösbare Individualisierungswünsche vorliegen [Kühn91, 98].
Aufgrund der expliziten Berücksichtigung der Anforderungen des einzelnen Kunden bei der Herstellung von Sachgütern besteht bei Mass Customization der Vorteil darin, kundenbezogene Güter mit einem hohen Grad an Bedürfnisbefriedigung zu erstellen und zusätzliche Zahlungsbereitschaft in erhöhte Preise (im Vergleich zur Massenproduktion) umwandeln zu können. Als Folge der Individualisierung werden in der Literatur eine erhöhte Leistungsattraktivität gegenüber Abnehmern, eine Steigerung des akquisitorischen Potentials, eine Erhöhung der Kundenbindung und Vorteile des Kundenkontaktes („Learning Relationships") genannt [z. B. Grab04, 14ff.]. Umfassende empirische Belege hierfür fehlen jedoch noch.

2.1.2.2.2 Massenhafte Herstellung als konstitutives Merkmal

Der Begriff der massenhaften Herstellung orientiert sich an der vom Unternehmen gewählten Produktionsform. Die fertigungsbezogene Einordnung von Unternehmen kann hierbei anhand unterschiedlicher Merkmale erfolgen (z. B. nach Produktzahl in Ein- und Mehrproduktfertigung oder nach Güterform in Fließgüter- und Stückgüterfertigung [Gros74, 130ff.]) [Welk85, 23]. Die Bewertung des Kriteriums der massenhaften Herstellung kann zunächst anhand der Typologie elementarer Fertigungsformen nach Hahn vorgenommen werden. Hierbei wird die

Einzelfertigung anhand des Kriteriums „Grad der Wiederholung der Aktionen der Fertigung" von der Serien- bzw. Sortenfertigung und der Massenfertigung abgegrenzt [Hahn75, 3160]. Das Kriterium der Wiederholung bezieht sich hierbei auf die Gesamtheit eines Produktes, d. h. die Höhe der Auflage eines bestimmten Produktes. In der Einzelfertigung beträgt die Auflagenhöhe „1", wobei es sich entweder um eine einmalige oder mehrmals wiederholte Einzelfertigung handeln kann. Werden Produkte in Losen hintereinander gefertigt, so wird von Serienfertigung gesprochen. Die Sorten- bzw. Variantenfertigung ist ein Spezialfall der Serienfertigung und bezeichnet die Herstellung von Varianten einer Produktart. Ist die Auflage eines gefertigten Produktes in einem gewählten Zeitraum unbestimmt, so bezeichnet man diesen Typ der Herstellung als Massenfertigung [Hahn75, 3160]. Für eine Bewertung der Wettbewerbsstrategie Mass Customization ist diese Klassifikation von Nutzen, da die Wiederholung desselben Fertigungsprozesses als Unterscheidungsmerkmal zur Einzelfertigung eingeführt wird. Es fehlt jedoch eine Quantifizierung, um die einzelnen Konzepte überschneidungsfrei unterscheiden zu können. So kann der Ausdruck „unbegrenzte Auflagenhöhe" in einem realen Betriebsumfeld nicht mit mathematisch „unendlich groß" gleichgesetzt werden und somit bleibt die Menge unspezifiziert, ab der sich eine Massenfertigung von der Serienfertigung abgrenzt. Es bleibt außerdem unklar, welcher Grad von Produktveränderungen noch zu einer Sortenfertigung zählt und ab welchem Veränderungsgrad von einer Einzelfertigung zu sprechen ist. Auf den weiteren Verlauf der Arbeit wirkt sich dieses Defizit nicht aus, da einerseits Produktionsformen und Fertigungstechnologien nicht zu dem Gegenstand dieser Untersuchung gehören (sie sind zwar Teil des Betrachtungsgegenstandes, aber es werden keine neuen, für Mass Customization geeigneten Fertigungsprinzipen entwickelt, die vergleichbar sind z. B. mit dem Konzept der *Fertigungssegmentierung*, dem Konzept der *Flexiblen Fertigungsinseln* [CoWi94, 65-66] oder dem Konzept der *Mini-Fabrik* [RPEG00]) und andererseits nicht verschiedene Organisationstypen der Fertigung, sondern deren Auswirkungen berücksichtigt werden. So verweist das Merkmal der massenhaften Herstellung im Rahmen von Mass Customization vor allem darauf, dass Effizienzpotentiale der Massenfertigung auszunutzen sind. Dies macht eine überschneidungsfreie Klassifikation der Fertigungstypen obsolet. Im Rahmen von Mass Customization müssen aus Sicht des Merkmals der Massenproduktion Vorteile aus Kostensenkungspotentialen realisiert werden. Als wesentliche Konzepte gelten hierfür Skalenvorteile („Economies auf Scale"), Verbundvorteile („Economies of Scope") und Lernkurveneffekte.

In der Verbindung beider Merkmale (Leistungsindividualisierung und massenhafte Herstellung) werden jedoch Effizienzvorteile der massenhaften Herstellung durch die Maßnahmen zur Individualisierung reduziert. Es entstehen nicht nur die Kosten für die eigentliche Herstellung, sondern auch für deren Koordination. Dies betrifft im Zusammenhang von Mass Customization auch die Auftragsabwicklung vor Produktionsbeginn, d. h. im Rahmen der Informationsermittlung. In Hinblick auf die Effizienzpotentiale bleibt anzumerken, dass einerseits die Nachfrage nach kundenindividuellen Produkten zu erhöhten Preisen nicht per se

angenommen werden kann, und andererseits, dass Kostenvorteile aufgrund der notwendigen Produktionsflexibilität egalisiert werden und Kostenpotentiale nicht unweigerlich zu deren Realisierung führen. Ausführliche Modelle zur Bewertung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit finden sich z. B. in [Flec95, 98; Schn97, 256; Pill03, 245].

2.1.2.2.3 Referenzablauf Mass Customization

Trotz anwendungsbezogener Unterschiede (z. B. in Hinblick auf das Produkt oder die Fertigung) können prozessuale Gemeinsamkeiten bei der Abwicklung von Mass Customization Aufträgen ermittelt werden. Der in Abbildung 4 dargestellte idealisierte Auftragsablauf basiert auf theoretischen Erkenntnissen (insbesondere [Pill03, 179 und 205; Hild97, 33]). Eine ähnliche Darstellung unter Verwendung der Wertkette nach Porter findet sich in [Pill03, 205]. Die inhaltliche Ausgestaltung bezieht zudem Ergebnisse des öffentlich geförderten Forschungsprojektes „EwoMacs" ein. Dort wurde der grobe Ablauf der Produkterstellung bei Mass Customization Unternehmen analysiert und verallgemeinert [KDPT02, 68-78; DiOK05, 125].

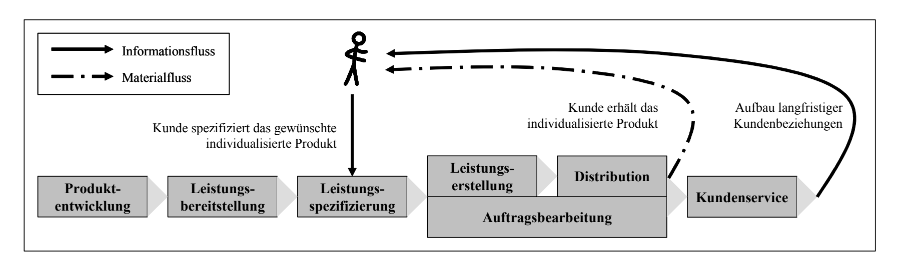


Abbildung 4: Referenzablauf Mass Customization

Der eigentlichen Produktherstellung geht die Phase der Produktentwicklung voraus. In diese Phase werden Erkenntnisse aus bisherigen Aufträgen, Marktforschungsdaten und Auswertungen des Kundenverhaltens im Bestellvorgang einbezogen. Sobald die Produktentwicklung abgeschlossen ist (dieser Vorgang umfasst die physische Entwicklung des Produktes, die Festlegung der möglichen Individualisierungsoptionen und die Realisierung des Produktionsapparates), stellt das Unternehmen sein Leistungspotential bereit. Aufgrund der Integration von externen Faktoren in den Produkterstellungsprozess weist der Auftragsablauf bei Mass Customization Strukturanalogien zum Erstellungsprozess von Dienstleistungen auf [vgl. Cors01b, 139], der aus einer Vorkombination (vgl. Vorfertigungsgrad) unter Verwendung auftragsneutraler Produktbestandteile und der Endkombination mit Integration des externen Faktors besteht. Der erste Mass Customization bezogene Schritt des Auftragsablaufs ist die Leistungsspezifikation. Innerhalb dieses Prozesses konkretisiert der Kunde das von ihm gewünschte Produkt und als Ergebnis wird eine vollständige und korrekte Produktbeschreibung erstellt. In Abhängigkeit von dem jeweiligen Kundenintegrationsgrad umfasst die Leistungs-

spezifikation die Produktkonfiguration auf Basis von den bereitgestellten Individualisierungsparametern (z. B. bei „bundle-to-order“) oder einer umfangreichen Anforderungsanalyse zwischen Kunde und Anbieter (z. B. bei „engineer-to-order“). Nach Eingang von Auftrag und Produktspezifikation beginnt die Leistungserstellung. Somit laufen neben der Auftragsbearbeitung als Koordinationsaufgabe die Teilprozesse Leistungserstellung und Distribution parallel ab. Je nach Produktart (individualisiert oder standardisiert), Beschaffungsstrategie und Dauer der Zulieferung werden für die Leistungsbereitstellung benötigte Produkte und Produktkomponenten bereits vor oder erst nach dem Auftragseingang erworben. Nach der Auslieferung des fertigen Produktes schließt sich die Phase des Kundenservices an. Dieser Vorgang hat vor allem zwei Aufgaben. Erstens lässt sich damit im Fall von Retouren oder Reklamationen die Kundenzufriedenheit erhöhen (aufgrund direkter Kommunikation mit dem Kunden und verbindlicher Handlungsmaßnahmen der Schadensregulierung). Zweitens beginnt an dieser Stelle der Aufbau einer langfristigen Kundenbeziehung, die den Kunden an den Hersteller binden und mit Wiederholungskäufen außerdem die Kosten der Informationserhebung senken soll (z. B. kann in der Mode- und Schuhindustrie bei erneuter Spezifizierung ggf. die Ermittlung der Körpermaße entfallen).
Innerhalb des Mass Customization Auftragsablaufs lassen sich mehrere mögliche Entkopplungspunkte identifizieren, die als Übergänge zwischen kundenneutralen und kundenspezifischen Auftragsabschnitten bezeichnet werden können. Zunächst wird ein kundenneutrales Leistungspotential durch den Vorgang der Konfigurierung in einen kundenspezifischen Auftrag überführt. In der Fertigung bestimmt der Entkopplungspunkt auch den Grad der auftragsneutralen Vorfertigung. Je früher der Entkopplungspunkt in dem Leistungserstellungsprozess auftritt (z. B. bereits bei einem Zulieferer), desto spezifischer muss ein Auftrag abgewickelt werden. Dies verursacht aus Unternehmenssicht erhöhte Kosten, da jedem einzelnen Produkt ein Bezug zum jeweiligen Kunden angefügt werden muss und außerdem die Beschaffung individueller Komponenten ein geringeres Ausnutzen von Effizienzvorteilen (z. B. Skaleneffekte) ermöglicht. Findet die physische Individualisierung dagegen erst am Verkaufspunkt statt, so ist eine weitgehend standardisierte Vorfertigung möglich. Mit dieser Strategie können Fertigungskosten gesenkt werden, allerdings beschränkt sich die mögliche Individualisierung dann auf Bestandteile und Merkmale, die auch nach Beendigung der Produktion durchgeführt werden können (vgl. Konzept der Kundenintegration gemäß Abbildung 3). Der Bestimmung des optimalen Vorfertigungsgrades kommt daher eine hohe Bedeutung zu (vgl. dazu Postponement-Strategie [Wolf97]).
In dieser Arbeit wird die Betrachtung auf einen Ausschnitt des Auftragsablaufs eingeschränkt. Dies grenzt zugleich den Einsatzbereich der zu entwickelnden Anwendungsarchitektur ein. Da die Produktentwicklung ein auftragsübergreifender Abschnitt ist und die Arbeit die IS-Unterstützung bei der Abwicklung einzelner Aufträge fokussiert, beginnt die Betrachtung mit dem Abschnitt „Leistungsbereitstellung“. Mit diesem Vorgehen wird die Produktentwicklung in der vorliegenden Arbeit ausgeblendet. Nach Abschluss des Auftrags beginnt die Phase des

Kundenservices. Dieser Abschnitt umfasst neben vermarktungsbezogenen Aktivitäten auch die Abwicklung von Reklamationen und Retouren. Die Betrachtung in dieser Arbeit endet vor Beginn des Kundenservices und damit mit dem Abschluss des Abschnittes „Distribution“ als Bestandteil der Auftragsbearbeitung.

2.1.3 Mass Customization Konzeptionen

Als Konzeptionen von Mass Customization werden abgrenzbare praxisorientierte Umsetzungen der Prinzipien dieser Wettbewerbsstrategie verstanden [Jäge04, 60]. Dabei erfolgt die Entwicklung der Umsetzungskonzepte stets im Spannungsfeld zwischen totaler Standardisierung und vollständiger Individualisierung [Pill03, 246f.]. In den vergangenen Jahren ist eine Vielzahl von Klassifikationskonzepten entstanden. Eine Übersicht kann beispielsweise [Pill03, 246f.] entnommen werden. Die vorhandenen Arbeiten lassen sich in ein-, zwei und multidimensionale Ansätze einteilen.

Eindimensionale Klassifikationen betrachten Realisierungsformen von Mass Customization jeweils anhand eines Merkmals. So verwendet [Coat95] die Beeinflussung des Fertigungsprozesses aufgrund der Individualisierung als Kriterium zur Unterscheidung: Formen der *Soft Customization* ermöglichen Produktanpassungen am Verkaufspunkt (keine Individualisierung in der Fertigung), die *Hard Customization* weist dem gegenüber eine Individualisierung in der Fertigung auf [Coat95, 6f.]. Eine Übersicht weiterer eindimensionaler Klassifikationskonzepte ist in Tabelle 1 dargestellt.

Veröffentlichung	Bewertungskriterium	Ausprägungen
[Ande97]	Individualisierungsoption	Modular – Adjustable – Dimensional
[DuFo96]	Individualisierungsoption	Qualitativ – Quantitativ – Temporär
[DWMB00]	Empirische Clusteranalyse	Fabricators – Involvers – Modularizers – Assemblers
[LaMi96]	Umfang der Individualisierung	Segmented Standardization – Customized Standardization – Tailored Customization – Pure Customization
[Maye93]	Individualisierungsverfahren bzw. -gegenstand	Modularisierung – Sekundärleistungen – Individualisierung durch den Einsatz von Computer Integrated Manufacturing (CIM) – Angebot intelligenter Leistungen
[ReBe94]	Freie Gruppierung	Selbstindividualisierbare Produkte – Service-Individualisierung – Kundenspezifische Endproduktion (im Handel) – Modularisierung – Zeitmanagement
[Schn97]	Individualisierungsverfahren	Modulare Individualisierung – Technologische Individualisierung – Hybride Individualisierung – Serviceindividualisierung

Tabelle 1: Eindimensionale Klassifikationskonzepte

Zweidimensionale Klassifikationskonzepte verwenden zwei Kriterien zur Beschreibung von Ausprägungen des Konzeptes Mass Customization. Eine Vier-Felder-Matrix wird von Gilmore und Pine in [GiPi97] beschrieben. Für die Autoren stellt die Individualisierung eines Produktes nur eine Möglichkeit zur Umsetzung von Mass Customization dar. In Ergänzung schlagen sie vor, die Darstellung bzw. Präsentation des Produktes zu variieren und hiermit dem Kunden einen besonderen Wert der Leistung zu vermitteln [GiPi97, 95]. Aus der Kombination der beiden Dimensionen „Produkt“ und „Präsentation“ ergeben sich abhängig von der jeweiligen Ausprägung vier verschiedene Typen von Mass Customization (Abbildung 5). Als Präsentation bezeichnen die Autoren z. B. die Verpackung, Werbematerial, vertragliche Bedingungen und den Produktnamen [GiPi97, 95].

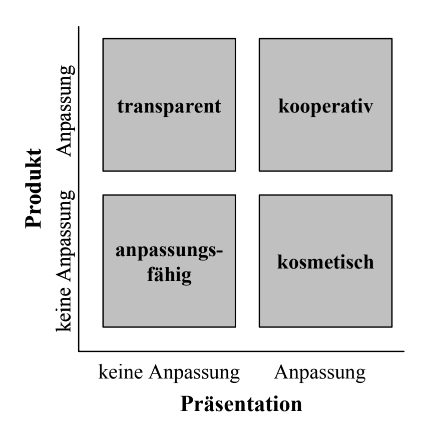


Abbildung 5: Klassifikationskonzept nach [GiPi97]

Ein weiteres zweidimensionales Klassifikationsmodell wurde von Piller entwickelt [Pill03, 250]. Zur Anwendung kommen die beiden Dimensionen „Variabilität der Wertschöpfungsaktivitäten“ und „Umfang der kundenindividuellen Wertschöpfungsstufen“ (Abbildung 6). Mit der ersten Dimension bezieht sich Piller auf die Konzeption von Coates [Coat95, 6f.], der zwischen Hard- und Soft-Customization unterscheidet. Die zweite Dimension systematisiert den Umfang der kundenindividuellen Wertschöpfungsstufen.

Konzeptionen der kundenindividuellen Massenfertigung		
Soft Customization	**Hard Customization**	
Selbstindividualisierung	Individuelle End- und Vorproduktion mit standardisierter Restfertigung	Umfang der kundenindividuellen Wertschöpfungsstufen
Individuelle Endfertigung im Handel/Vertrieb	Modularisierung nach Baukastenprinzip	
Serviceindividualisierung	Massenhafte Fertigung von Unikaten	

Abbildung 6: Klassifikationskonzept nach [Pill03, 250]

Mehrdimensionale Klassifikationsmodelle verwenden schließlich mehr als zwei Kriterien zur Bewertung von Mass Customization. Eine Methode zur Beschreibung möglicher Ausprägungen ist der *morphologische Kasten*. Mit dieser Technik lassen sich komplexe Sachverhalte in Teilbereiche zerlegen. Im Gegensatz zu den ein- oder zweidimensionalen Klassifikationen sind die mehrdimensionalen Einteilungen eher dazu geeignet, vorhandene Realisierungsformen von Mass Customization zu beschreiben (deskriptiver Ansatz) als neue Realisierungsformen (z. B. im Sinne von Geschäftsmodellen) abzuleiten (präskriptiver oder normativer Ansatz). Derartige Klassifikationsmodelle (z. B. in [Pill97] oder [DiKi05]) lassen das Ziel

erkennen, möglichst orthogonale (d. h. überschneidungsfreie) Kriterien zur Bewertung zu verwenden (vgl. Abbildung 7). Dieses Vorgehen ermöglicht, vorhandene ein- oder mehrdimensionale Klassifikationskonzepte zu aggregieren.

Parameter zur Bewertung der kundenindividuellen Massenfertigung					
Verrichtung	Marketing	Produktion	Distribution		
Gütertyp	Materielles Gut	Immaterielles Gut			
Objekt der Individualisierung	Primärleistung	Sekundärleistung			
Subjekt der Individualisierung	Mensch	Maschine			
Erhebung der Individualisierungsdaten	Hardware	Software	Mensch		
Parameter der Individualisierung	Modell	Größe	Form	Farbe	Inhalt
Wertschöpfungsstufe	Zulieferer	Hersteller	Handel	Kunde	
Verankerung der Individualisierung	fix	variabel			
Individualisierungszeitpunkt	vor Herstellung	nach Herstellung			

Abbildung 7: Morphologischer Kasten der kundenindividuellen Massenfertigung [in Anlehnung an DiKi05, 26]

Das mittlerweile breite Begriffsverständnis von Mass Customization wird für die vorliegende Arbeit durch mehrere Einschränkungen präzisiert. Als Mass Customization wird daher im weiteren Verlauf ein Wertschöpfungskonzept verstanden, das folgenden Kriterien entspricht:

- Das Produktangebot umfasst *Sachgüter* (Abgrenzung von individuellen Dienstleistungen oder digitalen Gütern),
- die angebotenen Produkte sind *individualisierbar*,
- mittels *Leistungsspezifikation* wird die Individualisierung geplant,
- die Umsetzung der Individualisierung findet primär in der Phase der *Leistungserstellung* statt (vgl. Abbildung 4),
- die Leistungserstellung findet unter *Zusammenarbeit von mindestens zwei Unternehmen* statt (Bildung von Wertschöpfungssystemen) und
- der *Kunde* wird in den Prozess der *Leistungsspezifikation* zur Ermittlung der Individualisierungsinformationen integriert.

Die vorgenannten Einschränkungen präzisieren das breite Verständnis von Mass Customization für die vorliegende Arbeit. Dies ist notwendig, da trotz der prinzipiell branchen- und geschäftstypunabhängigen Ausrichtung die entwickelten Konzepte nicht ohne weiteres als generell anwendbar angesehen werden können. Dies ist insbesondere auf die vielschichtigen Klassifikationsmerkmale zurückzuführen (z. B. materielle oder immaterielle Güter, Individualisierung in der Produktion oder beim Handel). Eine allgemeingültige Verwendbarkeit der ermittelten Ergebnisse wird jedoch nicht per se ausgeschlossen, sie muss jedoch ge-

sondert nachgewiesen werden. Dies führt zu der folgenden, dieser Arbeit zugrunde liegenden Definition von Mass Customization:

Definition 1: Mass Customization

Mass Customization ist ein Konzept zur strategischen Ausrichtung von Unternehmen und umfasst die Herstellung von nach dem Wunsch eines einzelnen Kunden individualisierten Produkten unter Ausnutzung von Effizienzpotentialen der Massenproduktion und der Informations- und Kommunikationssysteme.

2.1.4 Informationsmanagement im Rahmen von Mass Customization

Die Bedeutung des Informationsmanagements als wichtige Anforderung an Mass Customization Wertschöpfungssysteme lässt sich einerseits aus Sicht des erhöhten Informationsbedarfs aufgrund der Leistungsindividualisierung und andererseits aus informationsbezogenen Anforderungen bei der operativen Umsetzung von Wettbewerbsstrategien begründen. Im Folgenden werden die wesentlichen Erkenntnisse beider Aspekte diskutiert.

Die betriebliche Umsetzung der theoretischen Konzeption von Wettbewerbsstrategien wird auch als „Implementierung" bezeichnet. Die Strategieimplementierung ist Bestandteil des Strategischen Managements [Kolk90, 77-80] und bezeichnet den „Prozeß der Verwirklichung eines gestaltenden organisatorischen Konzeptes" [MaKö04, 828]. Um Verwechslungen mit dem Begriff der Implementierung im Sinne der Informatik als Erstellung von Softwaresystemen zu vermeiden, wird in dieser Arbeit ausschließlich der Begriff „Strategieimplementierung" verwendet, wenn Aussagen über die operative Umsetzung von Wettbewerbsstrategien getroffen werden.

Die praktische Umsetzung von Mass Customization stellt aufgrund der Einbeziehung des Kunden und der notwendigen Produktionsflexibilität besondere Anforderungen an das Informationsmanagement in Unternehmen. Dies lässt sich vor allem damit begründen, dass die Ermittlung der Individualisierungswünsche Datensammlungen hervorrufen, die in den Wertschöpfungsprozess integriert werden müssen. Außerdem muss bei einer mehrstufigen Wertschöpfung die Planung und Koordination der Leistungserstellung über mehrere Unternehmen hinweg durchgeführt werden (insbesondere bei der Betrachtung der hoher Kundenintegrationsgrade, vgl. Abbildung 3 auf Seite 15). Informationsmanagement ist deshalb ein wesentlicher Faktor bei der Umsetzung der Wettbewerbsstrategie Mass Customization. Unternehmen müssen bei jedem einzelnen Auftrag mit dem Kunden interagieren, um dessen Anpassungswünsche zu erheben [RPMö02a]. Der Bedarf an einem effizienten Informationsmanagement ergibt sich jedoch nicht nur aus Sicht des Unternehmens, sondern auch aus der Kundenperspektive. Einerseits muss der Informationsfluss vom Kunden zum Unternehmen sicherstellen, dass Individualisierungsaufträge korrekt übertragen werden. Andererseits geben Kunden Informationen über sich und ihre Präferenzen bezüglich der Produktindividualisierung preis, so

dass die Unternehmen ihr Wissen über Kunden und Produkte stetig erweitern und verbessern können. Die Informationsgewinnung findet vor allem im Konfigurationsprozess statt. Das Modell des Informationskreislaufs nach Piller stellt die wesentlichen Elemente des Informationsmanagements für Mass Customization dar (Abbildung 8).

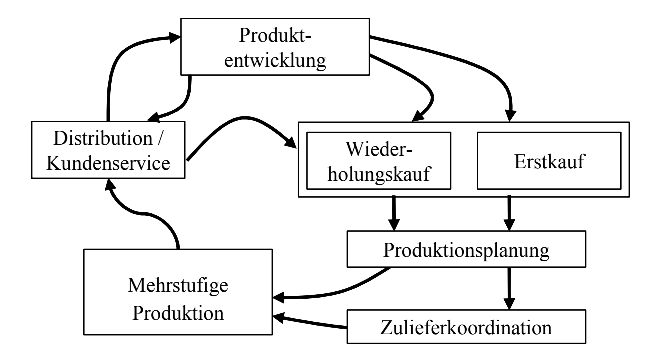


Abbildung 8: Mass Customization Informationskreislauf [in Anlehnung an PiZa01]

Ausgehend von einer Kundenperspektive müssen Unternehmen die Anforderungen und Bedürfnisse der Zielgruppen ermitteln und innerhalb der Produktentwicklung in individualisierbare Produkte (zum Teil auch vorgefertigt) umsetzen. Hierbei werden Produktmodelle erstellt, welche den Aufbau und die Beschaffenheit des Produktes selbst und die notwendigen Bestandteile spezifizieren. Die Bereiche Wiederholungs- bzw. Neukauf im Rahmen des Verkaufsprozesses fokussieren die Leistungsspezifikation durch einen Anbieter von Mass Customization Produkten. Für die Individualisierung können bestehende Kundeninformationen verwendet werden (Wiederholungskauf). Im Fall von Neukunden werden die Kundendaten erstmalig aufgenommen. Vor dem Beginn der Leistungserstellung (hier: Produktion) startet die Planung der Fertigungsprozesse. Hierbei werden die Individualisierungsinformationen verwendet, da diese auch die Produzenten- oder Zuliefererauswahl beeinflussen können. Innerhalb der Produktionsplanung wird das Produktionsnetzwerk als Kooperation des Produzenten und der zuliefernden Unternehmen koordiniert. Je nach Produktmodell und Vorfertigungsgrad besteht das zu fertigende Produkt aus einer Kombination standardisierter und individualisierter Teile. In Abhängigkeit von der Wertschöpfungsleistung des Produzenten werden Produktbestandteile entweder selbst gefertigt oder als Zulieferteile fremdbezogen. Die Vergabe der Herstellung individualisierter Komponenten an Zulieferer setzt eine Weitergabe der Individualisierungsinformationen voraus (Mehrstufigkeit). Im Rahmen des Kundenbeziehungsmanagements werden langfristige Anbieter-Abnehmer-Beziehungen aufgebaut. Hier benötigt der Kundenservice Informationen über Kunden, den Verkaufsprozess sowie das bestellte Produkt. Wiederholungskäufe von Kunden werden durch vorab gespeicherte Profile erleichtert und basieren auf den vorhandenen Kundenprofilen des Unternehmens. Schließlich

benötigt auch die Qualitätssicherung produkt- und produktionsbezogene Informationen, um im Herstellungsprozess und in der Nachkaufphase auf Reklamationen reagieren zu können.
Das Informationsmanagement bildet die Grundlage für einen durchgängigen Informationsfluss zwischen den an der Wertschöpfung beteiligten Personen und Unternehmen. Gelingt dies, so können Informationen der Lieferkette (z. B. Daten eines Zulieferers) in den Verkaufsprozess integriert werden. Damit kann die Aussagefähigkeit von Unternehmen hinsichtlich der Lieferzeit oder anderer logistischer Kennzahlen erhöht werden. Die hohe Informationsintensität aufgrund der Produktindividualisierung verstärkt hierbei den Bedarf nach spezifischen Informationssystemen für Mass Customization. Erst seitdem die moderne Informations- und Kommunikationstechnik sowie neue Produktionstechnologien verfügbar sind, gilt Mass Customization als umsetzbar [Jäge04, 15; Pill01c].

2.2 Modellierung von Mass Customization-Informationssystemen und -Produkten

2.2.1 Modellverständnis dieser Arbeit

2.2.1.1 Allgemeines Modellverständnis nach Stachowiak

Als Modell wird im Allgemeinen die vereinfachte, zweckorientierte Abbildung eines Sachverhaltes verstanden [WSKM02]. Der Begriff „Modell“ bezeichnet daher das Ergebnis bzw. die Dokumentation der Modellerstellung, die als Modellierung bezeichnet wird. Ein weit verbreiteter Modellbegriff geht auf die „Allgemeine Modelltheorie“ von Stachowiak zurück [Stac73]. Modelle sind demnach Abbildungen von Originalen. Die Beziehung zwischen Original und Modell ist in Abbildung 9 dargestellt.

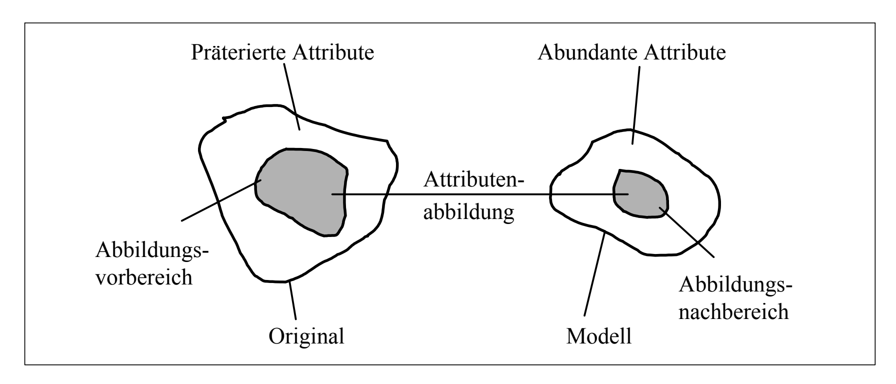


Abbildung 9: Zusammenhang von Modell und Original [Stac73, 157]

Der Abbildungsvorbereich ist eine Teilmenge des Originals und enthält alle Eigenschaften, die im Modell abgebildet werden sollen. Die Abbildung auf den Abbildungsnachbereich er-

folgt über die Attributenabbildung. Während der Abbildung des Originals auf das Modell werden einerseits Attribute des Originals weggelassen (präterierte Attribute, die nicht relevant für das Modell sind) und andererseits dem Modell weitere Attribute hinzugefügt (abundante Attribute, die zusätzliche Eigenschaften ohne Bezug zum Original ausweisen) [Stac73, 155-157].

Nach Stachowiak weisen Modelle außerdem drei wesentliche Eigenschaften auf: ein Abbildungsmerkmal, ein Verkürzungsmerkmal und ein pragmatisches Merkmal [Stac73, 131ff.]:

- **Abbildungsmerkmal:** Ein Modell ist immer eine Abbildung eines natürlichen oder künstlichen Originals. Modelle können sich rekursiv auf sich oder auf andere Modelle beziehen. Es entstehen Modellhierarchien bzw. Modelle von Modellen. Das Abbildungsmerkmal unterscheidet iso- und homomorphe Modelle. Als isomorph (strukturgleich) werden Modelle bezeichnet, falls eine eindeutige Abbildungsrelation zwischen Modell und Original besteht und diese auch als Umkehrfunktion gültig ist (eineindeutige Abbildungsrelation). In homomorphen Modellen ist die Abbildung des Originals eindeutig, es sind aber nicht alle Elemente des Originals enthalten, so dass eine rückwärtige Modelltransformation nicht möglich ist.
- **Verkürzungsmerkmal:** Modelle bilden grundsätzlich nicht alle Attribute des Originals ab, sondern beschränken sich auf als relevant angesehenen Merkmale. Damit konkretisiert sich der Modellzweck für den Modellnutzer aus der Sicht des Modellerstellers.
- **Pragmatisches Merkmal:** Modelle ersetzen ihre Originale, sind jedoch nicht von sich aus ihnen zugeordnet. Die Ersetzungsfunktion bezieht sich dabei 1. auf die Modell nutzenden Subjekte, 2. auf bestimmte Zeitintervalle und 3. auf den theoretischen oder tatsächlichen Modellzweck. Damit nimmt das Modell die Stellung des Originals ein und repräsentiert für den Modellnutzer die Bedeutung des Modells.

Das Verständnis von Modellen (also der Modellbegriff) steht in einem engen Zusammenhang mit der zugrunde liegenden wissenschaftstheoretischen Grundposition. So lässt sich der abbildtheoretische Modellbegriff vom konstruktivistischen abgrenzen. Während Ersterer die objektive Abbildung realer Systeme zum Gegenstand hat, erlaubt das zweite Verständnis lediglich die subjektabhängige Interpretation (z. B. durch den Modellierer) der Realität in Form eines Realitätskonstruktes. Neben diesen beiden Modellbegriffen existieren weitere Ansätze, die jedoch aufgrund des gedanklichen Abstandes ihrer Konzepte in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet werden (z. B. der axiomatische Modellbegriff in der Mathematik bzw. Informatik) [Schu01, 16].

- **Abbildungstheoretischer Modellbegriff:** Modelle sind objektive Abbildungen der Realität. Der abzubildende Gegenstand existiert in der Realität und der Prozess der Modellerstellung wird als Reproduktion von vorhandenen Merkmalen auf Basis des Wahrnehmungsvermögens des Modellerstellers verstanden [Bret80, 30; Schu01, 15].
- **Konstruktivistischer Modellbegriff:** Dieses Modellverständnis basiert auf den Ansätzen des Konstruktivismus, der eine objektive Realität negiert und Wirklichkeiten als deren Konstruktion postuliert. Entscheidende Merkmale konstruktivistischer Modelle sind der subjektbezogene Kontext sowie die Konstruktionsleistung des Subjektes (Modellersteller) [Schu01, 20f; Hamm99, 28].

Das Merkmal der Verkürzung ist insofern als relevant anzusehen, da es insbesondere bei der Analyse ökonomischer Systeme verwendet wird. Mittels Abstraktion werden Realweltausschnitte zunächst stark vereinfacht. Damit kann die Komplexität von Modellen gering gehalten werden, allerdings sinkt die Realitätsnähe. Mit dem Prinzip der abnehmenden Abstraktion werden schrittweise zusätzliche Annahmen bzw. Merkmale der Realwelt in die Modelle aufgenommen. Die Überprüfbarkeit derartiger Modelle bleibt jedoch gering, da das ceteris paribus Kriterium in praktischen Untersuchungen in der Volkswirtschaftslehre und allgemein in den Wirtschaftswissenschaften schwer einzuhalten ist. Kausale Zusammenhänge bleiben zunächst gedankliche Modelle [BaLu04, 12-14]. Das Denken in Modellen hat es den Wirtschaftswissenschaften erlaubt, die komplexe Realität als offenes System durch die Bildung einer vereinfachenden Abbildung künstlich zu schließen [Schu77, 23-25].
Bei der Verwendung des Begriffs „Modell“ in der Wirtschaftsinformatik [z. B. LHMa95, 73] lassen sich zwei Gemeinsamkeiten feststellen. Erstens fokussieren Modelle in der Wirtschaftsinformatik aufgrund des Gegenstandbereiches dieser Wissenschaftsdisziplin meist ökonomische Systeme im Allgemeinen und Unternehmen im Speziellen. Zweitens verweisen viele Definitionen auf den Abbildungscharakter von Modellen, welche die Realität strukturerhaltend repräsentieren [s. dazu Schü98, 53 und Fußnote 83]. So ist ein Modell nach Lehner „die Ableitung der Realität oder eines Realitätsausschnittes“ [LHMa95, 27]. Ferstl und Sinz greifen das allgemeine Modellverständnis von Stachowiak auf und formulieren ein Modell als Tripel: Ein Objektsystem (Original) wird mittels Abbildungsfunktion (Attributenabbildung) auf ein Modellsystem (Modell) abgebildet. Die Abbildungsfunktion ist hierbei nur für formale Systeme definiert, für Systeme der Realwelt werden entsprechende Interpretationen verwendet [FeSi01, 18-19 und 120-121]. Sollten jedoch Modelle weder das homo- noch das isomorphe Merkmal aufweisen, so können diese dennoch als Modell aufgefasst werden, falls das Kriterium der Nützlichkeit erfüllt ist [Hars94, 10; Schü98, 52-54].

2.2.1.2 Referenz- und Metamodelle

Referenz- und Metamodellierung sind zwei in der Wirtschaftsinformatik weit verbreitete spezialisierte Modellierungskonzepte zur Entwicklung und Darstellung betrieblicher Informationssysteme [Stra96, 16-17; Schü98; BeHo98, 484; FeLo03, 35-36]. Trotz unterschiedlicher

Verwendung in der Literatur lassen sich für beide Begriffe aus Sicht einzelner Wissenschaftsdisziplinen Kernelemente erkennen. Die Begriffe Referenz- und Metamodell lassen sich anhand unterschiedlicher Kriterien von anderen Modelltypen abgrenzen (vgl. dazu den morphologischen Kasten der Modellierung [Rosm96, 33ff.]). Aus Sicht der inhaltlichen Individualität steht ein *Referenzmodell* zwischen unternehmensspezifischen Modellen (partikuläres Modell) und generischen Modellen (Mastermodell), die sich durch eine Komposition mehrerer Referenzmodelle (z. B. branchen- oder produktbezogene Referenzmodelle) ergeben. Referenzmodelle haben einen Anspruch auf Allgemeingültigkeit, weisen einen normativen Charakter auf und stehen zu unternehmensspezifischen Modellen in einer Zweck-Mittel-Beziehung [Rosm96, 33-36]. Mit dem Merkmal des Abstraktionsgrades lassen sich Modelle in vier Ebenen einteilen: Ausprägungsebene, Typebene, Metaebene und Meta-Metaebene [Rosm96, 36-38]. Auf der Ausprägungsebene werden Objekte der Realwelt beschrieben, die auf der Typebene in Abhängigkeit von ihrer Gleichartigkeit zusammengefasst werden [Rosm96, 37]. Ein *Metamodell* befindet sich auf der Metaebene, d. h. es wird der Gestaltungsrahmen zur Bildung von Modellen auf Typebene definiert. Metamodelle enthalten somit die Notationsregeln (Syntax) und abstrahieren von der Semantik, die bei Referenzmodellen im Vordergrund steht [Rosm96, 37]. Werden Metamodelle weiter abstrahiert, so entstehen Meta-Metamodelle [Rosm96, 38]. Auf die Begriffe Meta- und Meta-Metamodell wird im weiteren Verlauf noch näher eingegangen.

2.2.1.2.1 Referenzmodell

Als Referenzmodell werden Modelle mit Empfehlungscharakter bezeichnet. Das Wort „Referenz“ geht auf das lateinische Wort „referre“ (dt. *zurückbringen*, mit Akkusativ auch *beziehen auf etwas*) und auf den Ausdruck „Auskunft über jmd.“ zurück [Klug02, 751]. Referenzmodelle werden innerhalb der Wirtschaftsinformatik beispielsweise für die Entwicklung von Anwendungssystemen oder zur Organisationsgestaltung verwendet. Weist der Bezugspunkt des Modells auf die Gestaltung von Informationssystemen, so wird auch von Referenz-Informationsmodellen gesprochen [Schü98, 69]. Referenzmodelle repräsentieren in allgemeingültiger Form bestimmte Anwendungsbereiche (z. B. Branchen, Betriebstypen etc.) [Beck01]. Es existiert mittlerweile eine Vielzahl von Referenzmodellen für unterschiedliche Anwendungsgebiete. So lassen sich Referenzmodelle beispielsweise in Vorgehens-, Software- und Branchenreferenzmodelle unterscheiden [Sche99]. Ein Ansatz zur Klassifikation der bisher existierenden Referenzmodelle kann [FeLo03] entnommen werden. Fettke und Loos unterscheiden hierbei zwei Dimensionen, die eine Vier-Felder-Matrix aufspannen (Abbildung 10). Die eine Dimension bewertet die Abhängigkeit vom Einsatzgebiet („domain dependency“), die andere die Spezifität („specificity“). Die Abhängigkeit vom Einsatzgebiet bezieht sich hierbei auf die Übertragbarkeit domänenspezifischer Charakteristika auf andere Anwendungsgebiete (z. B. Prozess der Rechnungsprüfung im Industriebetrieb oder im Krankenhaus). Die Spezifität wird

in Bezug auf den Abstraktionsgrad der Modellierungsmethoden bestimmt (z. B. unspezifisch: Phasenmodell; spezifisch: Entity-Relationship-Diagramm).

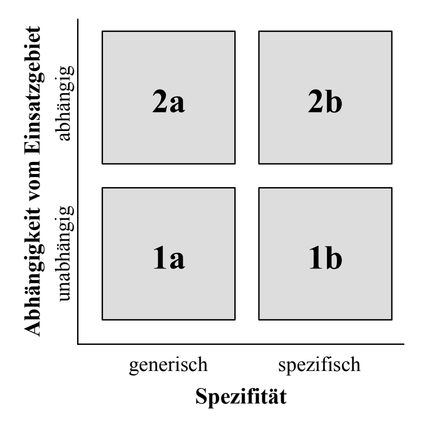


Abbildung 10: Klassifikation von Referenzmodellen nach Fettke und Loos [FeLo03, 42; eigene Übersetzung]

Referenzmodelle des *Typs 1a* (generisch und anwendungsunabhängig) beschreiben formale Merkmale eines Modells. Bezüge zu Anwendungsgebieten werden nicht gegeben und die Modelle werden ohne Eingrenzung auf bestimmte Modellierungssprachen erstellt. Phasenmodelle der Informationssystementwicklung können zu diesem Typ von Referenzmodellen gezählt werden. Als *Typ 1b* (spezifisch und anwendungsunabhängig) werden die Referenzmodelle bezeichnet, für die spezifische Merkmale unter der Annahme bestimmter Modellierungssprachen vereinbart wurden. Der Anwendungsbereich bleibt uneingeschränkt. Referenzmodelle des *Typs 2a* (generisch und anwendungsabhängig) bleiben auf der Ebene der Modellierungssprachen unspezifisch. Das Modell enthält jedoch anwendungsbezogene Merkmale, die sich u. a. in folgenden Kategorien konkretisieren: Unternehmensfunktionen, Branchen, Betriebstypen, Funktionsbereiche, Transaktionsphasen oder Arten von Informationssystemen. Als letzter *Typ 2b* (spezifisch und anwendungsabhängig) weisen Referenzmodelle konkrete Merkmale eines Anwendungsbereiches auf und setzen zudem die Festlegung spezifischer Modelltypen voraus [FeLo03, 41-43].

Vorbehaltlich der weiteren Ausführungen kann das vorgestellte Klassifikationsschema für eine Einordnung der zu entwickelnden Anwendungsarchitektur aus Sicht der Referenzmodellierung vorgenommen werden. Dabei ist die Architektur dieser Arbeit dem Typ 2a zuzuordnen, da eine Festlegung bestimmter Modellierungssprachen nicht notwendig ist, Mass Customization als Wettbewerbsstrategie aber einen bestimmten Anwendungsbereich vorgibt.

2.2.1.2.2 Metamodell

In einer sehr allgemeinen Definition lassen sich Metamodelle als Modelle von Modellen bezeichnen [vgl. Stra96, 11]. Die Präposition „meta“ ist dem Griechischen entnommen und bringt Über- bzw. Unterordnungen zum Ausdruck. Die historische Bedeutung dieser Wortbildung ist bereits in Aristoteles’ Arbeiten zu sehen, der in seinem Werk „Metaphysik“ Aussagen über die hinter der Physik des damaligen Verständnisses stehenden Phänomene tätigte und damit als Begründer der Philosophie bezeichnet werden kann [Reim69, 139ff.]. Der Begriff des Metamodells kann, so wie er innerhalb der Literatur zur Wirtschaftsinformatik verwendet wird, auf Grundlage der Sprachwissenschaft definiert werden. Innerhalb der Linguistik findet eine Unterscheidung von Sprachebenen statt (semantische Stufen). Der Gegenstand der Untersuchung wird hierbei Objektsprache und das Mittel der Untersuchung Metasprache genannt. Das Prinzip zur Bildung einer Metasprache von einer Objektsprache ist rekursiv anwendbar. Jede Sprache kann in Abhängigkeit von dem Kontext Objekt- oder Metasprache sein [Stra96, 18]. So ist beispielsweise das Wort „Verb“ als Objektsprache ein Hauptwort, als Metasprache jedoch die Bezeichnung für das Grammatikkonzept „Tätigkeitswort“.
Überträgt man die Sprachstufentheorie auf das bisherige Modellverständnis, so bezeichnet ein Metamodell die Beschreibung eines Modells mit einem anderen Modell. Bezeichnet *M1* ein Modellsystem als Objektsystem, das von Modellsystem *M2* repräsentiert wird, so ist *M2* bezüglich *M1* das Metamodellsystem [Hars94, 11]. Die entstehende Metamodellhierarchie ist in Abbildung 11 beispielhaft dargestellt. Ähnliche Darstellung können [Jost94, 91; Rosm96, 38; Stra96, 24/25 und Sche98, 29] entnommen werden. Ein Metamodell ist also die Sprache, mit der Modelle formuliert werden.

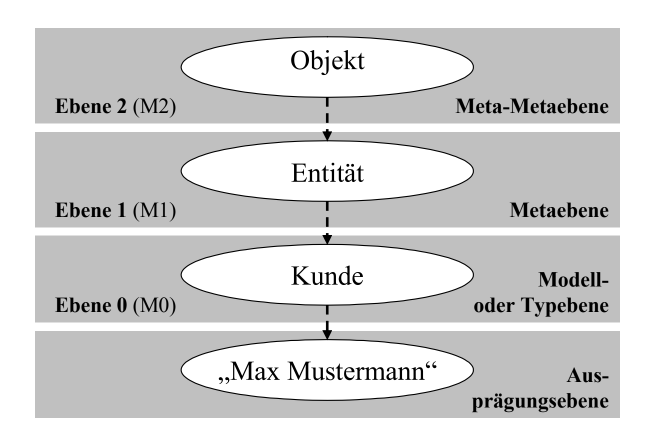


Abbildung 11: Abstraktionsebenen des Metamodellbegriffs [Jost94, 91]

Im Rahmen der Unternehmensmodellierung können Metamodelle von Modellierungssprachen (Notationen) und Metamodelle von Modellierungsvorgehen unterschieden werden. Strahrin-

ger spricht in diesem Zusammenhang von einem sprach- oder prozessbasierten Metamodellbegriff [Stra96, 24-25]. Beiden Begriffen (Metadatenmodell und Metaprozessmodell) liegt ein „Metaisierungsprinzip“ zugrunde. Damit wird die ebenenartige Bildung von Modell-Metamodell-Beziehungen bezeichnet. Hervorzuheben ist, dass das Metaisierungsprinzip zu widersprüchlichen Modellhierarchien führen kann (Abbildung 12).

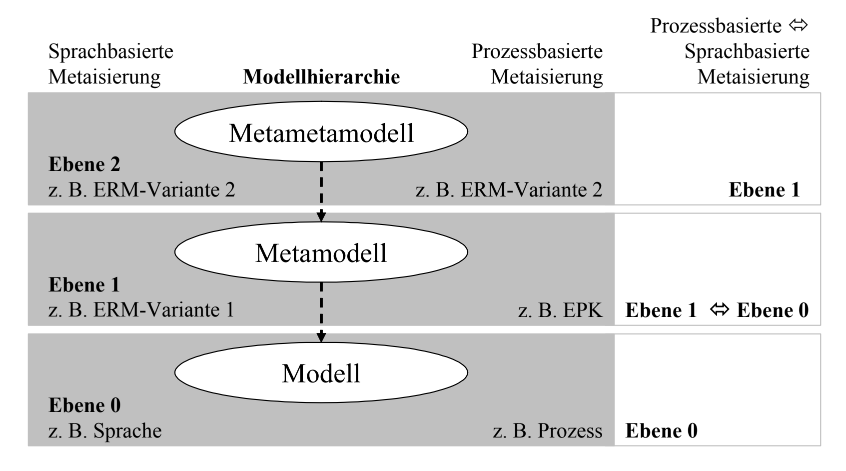


Abbildung 12: Widersprüchlicher Metamodellbegriff durch gleichzeitige Verwendung verschiedener Metaisierungsprinzipien [in Anlehnung an Stra96, 26]

So bildet die Entity-Relationship-Methode (ERM) das Metadatenmodell (Ebene 1) zur Beschreibung eines natürlich-sprachlichen Sachverhaltes (Ebene 0). Auf Ebene 2 kann wiederum mittels einer ERM-Variante (oder einem anderen Datenmodell) das Modell der Ebene 1 definiert werden. Bei Prozessmodellen entsteht zunächst ein Metaprozessmodell auf Ebene 1 (z. B. in Form einer Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK)). Der dynamische Realweltausschnitt auf Ebene 0 wird unter Verwendung dieser prozessorientierten Modellierungssprache abgebildet. Bei Fortsetzung der Metaisierung entstehen auf der Ebene 2 jedoch nun Metadatenmodelle (z. B. ERM). Die EPK ist somit nur aus Sicht der prozessbasierten Metaisierung ein Metamodell, nicht jedoch aus sprachbasierter Sicht [Stra96, 26-28].
Neben dem Einsatz der Metamodellierung zur Abbildung von Modellen mit Modellen wird der Ansatz in unterschiedlichen Forschungsarbeiten verwendet (z. B. Verknüpfung von Unternehmensmodellen [Müll98], zum Vergleich von Methoden [Stra96] oder in [RoMü96] zum Vergleich von Systemen am Beispiel von Workflowmanagementsystemen). Weitere Einsatzgebiete der Metamodellierung sind in [Stra96, 49] aufgeführt.

2.2.1.2.3 *Abgrenzung von Referenz- und Metamodellen*

Ein Abgrenzungskonzept zur Unterscheidung von Meta- und Referenzmodellen kann [Schü98, 73] entnommen werden. Als Kriterium wird der Grad der syntaktischen und semantischen Abstraktion angeführt. Das Modell ist in Abbildung 13 dargestellt.

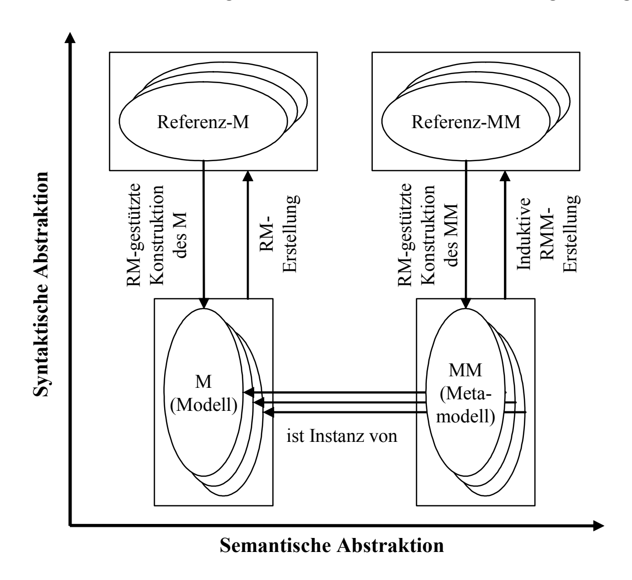


Abbildung 13: Abgrenzung zwischen Meta- und Referenzmodell [in Anlehnung an Schü98, 73]

Wird ein Modell *M* auf der syntaktischen Ebene abstrahiert und wird die semantische Abstraktion beibehalten, so entsteht ein Referenzmodell *Referenz-M* von *M*. Auf Basis von Referenzmodellen können spezifische Modelle erstellt werden und Referenzmodelle können auf Basis vorhandener Modelle induktiv entwickelt werden. Findet hingegen nur eine semantische Abstraktion statt (bei konstanter syntaktischer Abstraktion), wird ein Metamodell *MM* von *M* gebildet. Ein Modell ist hierbei eine Instanz eines Metamodells. Bereits semantisch abstrahierte Metamodelle können mittels syntaktischer Abstraktion schließlich in ein Referenzmetamodell *Referenz-MM* überführt werden. Auf Basis eines Referenzmetamodells lassen sich wiederum spezifische Metamodelle ableiten.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass Referenz- und Metamodelle keine sich ausschließenden orthogonalen Modellierungsansätze darstellen. So können beispielsweise Metamodelle einen empfehlenden Charakter in sich tragen und damit Merkmale von Referenzmodellen aufweisen. Metamodelle eignen sich für die Spezifikation der Sprache, mit denen Modelle erstellt werden (syntaktische Vorgabe), Referenzmodelle für die Darstellung inhaltlicher Einschränkungen (semantische Vorgabe). Metamodelle benötigen per se keinen inhaltlichen

Realweltbezug (z. B. das Metamodell der EPK enthält das Element „Ereignis“, eine Eingrenzung auf betriebliche Phänomene ergibt sich jedoch nur aus dem Anwendungsfall, z. B. bei der Geschäftsprozessmodellierung). Dies bedeutet jedoch nicht, dass Metamodelle keine semantischen Bestandteile beinhalten können und deren Aufnahme ein methodisches Defizit darstellt. Die Arbeiten im Bereich des *Domain-specific modelling* zeigen, dass die Integration semantischer Informationen in die syntaktische Spezifikation der Modelle (Metamodell) Vorteile bei der Entwicklung von Informationssystemen hervorrufen kann [PoKe02; ToKe04]. Dies ist beispielsweise darauf zurückzuführen, dass die entwickelten Systeme auf einem einheitlichen Metamodell mit gemeinsam spezifizierten anwendungsbezogenen Elementen aufbauen. Damit weisen die Informationssysteme bereits in den zugrunde liegenden Modellen kompatible Schnittstellen auf. Mit der Entwicklung einer Mass Customization spezifischen Anwendungsarchitektur soll somit erreicht werden, dass Unternehmen in Mass Customization Wertschöpfungssystemen ihre Informationssysteme auf Basis eines einheitlichen Metamodells aufbauen. Aspekte, die sich aus den Merkmalen von Mass Customization ergeben und unabhängig von einzelfallspezifischen Anwendungen sind, werden innerhalb des Metamodells berücksichtigt und müssen nicht nachträglich über Schnittstellen umgesetzt werden.

2.2.2 Modellierung von Informationssystemen und Anwendungsarchitekturen

2.2.2.1 Begriffe und Abgrenzungen

2.2.2.1.1 Informations- und Anwendungssysteme

Der Begriff *Informationssystem* wird in der Wirtschaftsinformatik nicht einheitlich verwendet [vgl. Schw00, 129; Hein01, 180; ScKr04, 11]. Je nach forschungsbezogener Ausrichtung werden Informationssysteme aus konzeptionell ökonomischer Perspektive (z. B. Betriebswirtschaftslehre), technologisch (Informatik) oder anwendungsorientiert (Wirtschaftsinformatik) beschrieben. Das *betriebliche Informationssystem* ist das „informationsverarbeitende Teilsystem eines betrieblichen Systems“ [Sinz99, 1]. Die Entwicklung von Informationssystemen setzt dabei an dem „betrieblichen Aufgabengefüge“ an [Groc72, 109]. Bereits innerhalb der frühen informationssystemorientierten Ansätze werden Unternehmen als „sozio-technische“ bzw. „Mensch-Maschine-Systeme“ aufgefasst [Groc76, 429] und der Einsatz von Informationstechnologie innerhalb der Unternehmen motiviert. Dabei wird der Teil eines betrieblichen Informationssystems, der neben „personellen Aktionsträgern auch maschinelle Aktionsträger“ enthält, als computergestütztes Informationssystem bezeichnet [Groc76, 431]. Aus Gründen einer vereinfachten Begriffsverwendung wird auf den Zusatz „computergestützt“ zum Teil verzichtet [Groc76, 431].

Informationssysteme sind nach dem Verständnis dieser Arbeit Systeme zur Beschaffung, Verarbeitung, Speicherung, Übertragung und Bereitstellung von Informationen. Sie bestehen meist aus folgenden Komponenten [vgl. Sche95; Schw98; Schw00]:

- Hardware und Systemsoftware (Basissystem),
- Anwendungssoftware,
- organisatorischen Konzepten und Regelungen („Orgware“),
- Menschen, die an bzw. mit dem System arbeiten („Manware“),
- Datenbanken mit den Daten des Systems und
- Konzepten für die Steuerung und die Kontrolle der Informationsflüsse (Informationsmanagement).

Damit ist das Informationssystem eng mit dem Begriff des *Anwendungssystems* verbunden. Trotz einer teilweise vorhandenen synonymen Verwendung der Begriffe sind Anwendungssysteme „maschinelle Aufgabenträger für automatisierte (Teil-)Aufgaben eines Informationssystems“ [Sinz99, 16]. Informationssysteme, die in Unternehmen bestimmte Aufgaben erfüllen, werden daher Anwendungssystem genannt. Voraussetzung für ein optimales Zusammenwirken mehrerer Informationssysteme ist u. a. die Vereinbarung einheitlicher Schnittstellen zum Austausch von Daten, zum Auslösen zeitlich und logisch ineinander übergreifender Prozesse sowie zur Koordination verteilter Wertschöpfungsaktivitäten. Sind die Systeme dazu in der Lage, werden sie auch als *integrierte Informationssysteme* bezeichnet [vgl. Sche95, 4-10; Mert01, 1-13]. Die Verwendung des Begriffs „Integration“ bezieht sich auf ein allgemeines Verständnis der Bildung von Einheiten durch Vereinigen oder Verbinden [HeRo98, 276]. Bei einer näheren Spezifizierung der Art der Integration lassen sich zwei Wirkungsrichtungen unterscheiden: Horizontale und vertikale Integration. Die horizontale Integration beschreibt eine Abstimmung von Teilsystemen der Wertschöpfung (z. B. funktionale Anwendungssysteme) zu einem Gesamtsystem. Die vertikale Integration zielt hingegen auf die Verknüpfung von Informationssystemen unterschiedlicher Detaillierung (z. B. angelehnt an die hierarchischen Stufen eines Unternehmens), um die Durchgängigkeit von mengenorientierten operativen Systemen unterschiedlicher Ebenen zu gewährleisten [KrSc99, 131].

Während der bisherige Informationssystembegriff das innerbetriebliche Informationsmanagement fokussiert, zielt das Forschungsgebiet der *Interorganisationssysteme* (IOS) auf die Unterstützung der überbetrieblichen Interaktionen ab [AlCa95]. IOS tragen dazu bei, die überbetriebliche Informationsverarbeitung realisieren zu können [Klei96a; Kubi91] und sie gelten als „Voraussetzung für effiziente Gestaltung der gesamten Wertschöpfungskette“ [BeSc96]. In weitgehender Übereinstimmung werden IOS folgende drei Merkmale zugeordnet:

- An einem IOS sind zwei oder mehr Organisationen beteiligt,
- Informationen und weitere Ressourcen werden durch die Organisation geteilt und
- IOS sind computerbasiert [AlCa95, 34].

IOS lassen sich anhand verschiedener Kriterien zu anderen Informationssystemkonzepten abgrenzen. Neben formalen Kriterien (z. B. Unternehmensgrenze aus rechtlicher Sicht) können auch inhaltliche Unterscheidungsmerkmale angeführt werden. So existieren drei Gruppen von IOS:

1. IOS für die Datenübermittlung
2. IOS mit gemeinsamen Datenbeständen und
3. IOS mit Prozessautomation [AlCa95, 45f.].

Obwohl in der IOS Forschung der Anspruch besteht, dass die Systeme effiziente und effektive Formen der Zusammenarbeit bzw. Koordination bereitstellen sollen, weisen IOS kaum eigene technologische Ansätze auf. Der Begriff hat daher eher konzeptionellen und beschreibenden Charakter. Lösungsinstrumente zur Umsetzung der Anforderungen werden Entwicklungen aus der Informationssystem- und Informationstechnologieforschung entnommen. So gilt das Konzept des „Electronic Data Interchange" (EDI) zur Umsetzung des elektronischen Datenaustausches als eine der wichtigsten Anwendungsformen von Interorgansiationssystemen [Klei96a, 39].

2.2.2.1.2 Anwendungsarchitekturen

Der Begriff der „Architektur" wird in der Literatur vielfach verwendet und in unterschiedlichen Kontexten gebraucht (einen Überblick gibt [MaRe02, 37-38]). Allen Ausprägungen liegt hierbei das konstruktionsorientierte Verständnis einer Architektur zugrunde, das von dem Baumeisterhandwerk entlehnt wurde [Klug02, 58]. Unter einer Architektur wird zugleich ein Modell verstanden, das weniger die physische Ausprägung als die abstrahierte Abbildung der Realwelt zum Zweck hat.

Als Anwendungsarchitektur werden einerseits der Gesamtaufbau von Informationssystemen in Unternehmen und andererseits die strukturellen (eben die Architektur bildenden) Merkmale einzelner Anwendungssysteme bezeichnet. Dem systemtheoretischen Ansatz folgend, findet mit der Modellierung einer Anwendungsarchitektur die Zerteilung des Gesamtsystems in Teilsysteme (Partitionierung), die Spezifikation nach außen sichtbarer Eigenschaften und die Beschreibung von Beziehungen zwischen den Teilsystemen statt [Zühl01, 42]. Die Architektur als Struktur eines Systems umfasst nicht nur statische Aspekte (z. B. Schnittstellen und Beziehungen), sondern berücksichtigt auch dynamische Anforderungen (z. B. Kommunikation zwischen Teilsystemen) [FoBa01, 290]. Unter einer Anwendungsarchitektur wird in [HaRi90, 667] ein konzeptioneller Gesamtrahmen verstanden, der die Aspekte Daten (statischer Bestandteil) und Applikationen (Methoden als dynamischer Bestandteil) berücksichtigt.

Anwendungsarchitekturen werden sowohl für die Beschreibung von Informationssystemen in Unternehmen (betriebswirtschaftliche Perspektive) als auch für die Entwicklung von Softwaresystemen ohne fachlichen Bezug verwendet. Dieses Spannungsfeld lässt sich auch in der wissenschaftlichen Literatur erkennen. So ist die Anwendungsarchitektur bei Krcmar beispielsweise ein Bestandteil des Modells der „Ganzheitlichen Informationssystemarchitektur" (vgl. Abbildung 18 auf Seite 43) und grenzt sich von der Daten- und Kommunikationsarchitektur insbesondere dadurch ab, dass innerhalb der Anwendungsarchitektur die betrieblichen Funktionen (Geschäftsprozesse sowie deren technische Unterstützung) und keine Datenmodelle oder der Datenfluss beschrieben werden (vgl. detaillierte Ausführung in Abschnitt 2.2.2.2.5).

Die begriffliche Vielfalt kommt in der synonymen Verwendung verschiedener Bezeichnungen für die Architektur von Informationssystemen zum Ausdruck. So verweist Lehner darauf, dass in der Literatur Arbeiten über IS-Architekturen unter den Begriffen „Anwendungsarchitektur", „Systemarchitektur", „Informationsarchitektur", „Systemanwendungsarchitektur", „Informationssystem-Architektur" und „Software-Architektur" zu finden sind [LHMa95, 59]. Der mitunter fehlenden Abgrenzungen zwischen den Begriffen und der vorhandenen Überschneidung wird in dieser Arbeit zunächst mit einer Arbeitsdefinition begegnet. Als Anwendungsarchitektur wird dabei in dieser Arbeit die modellhafte Beschreibung von anwendungsbezogenen Informationssystemen (inner- und überbetrieblich) verstanden. In einem zweiten Schritt wird in Abschnitt 2.2.2.4 ein generischer Architekturrahmen dargestellt, der im weiteren Verlauf der Arbeit für die Entwicklung der Anwendungsarchitektur verwendet wird. Als Architekturframeworks werden Beschreibungsstandards für Architekturen bezeichnet [MaRe02, 221]. Für den Begriff der Anwendungsarchitektur gilt im weiteren Verlauf nachstehende Definition.

Definition 2: Anwendungsarchitektur

Eine Anwendungsarchitektur beschreibt die strukturellen Eigenschaften von Informations- bzw. Anwendungssystemen. Sie besteht aus Teilsystemen, die untereinander in Beziehung stehen. Neben statischen datenbezogenen Aspekten bildet eine Anwendungsarchitektur auch dynamische prozessbezogene Merkmale der Systeme ab.

Einige der vorhandenen Ansätze zur Modellierung von Informationssystem- bzw. Anwendungsarchitekturen werden nachfolgend dargestellt. Anschließend wird der generische Architekturrahmen beschrieben, der wesentliche Merkmale der beschrieben Konzepte in generalisierter Form zur Verfügung stellt und für die Ableitung der Anwendungsarchitektur in dieser Arbeit verwendet wird.

2.2.2.2 Konzepte zur Modellierung von Informationssystem-Architekturen

Bei der Darstellung der vorhandenen Architekturkonzepte ist die zum Teil uneinheitliche Verwendung der bisher eingeführten Begriffe offensichtlich. So spricht Scheer in dem ARIS-Konzept von der Architektur integrierter Informationssysteme, also von einer Informationssystem-Architektur [Sche97a]. Dieser Begriff wird bei Heinrich in der an Krcmar angelehnten „Architektur der Informationsinfrastruktur" lediglich als Bestandteil dieses Modells aufgefasst [Hein99, 66]. Zur Reduktion der begrifflichen Komplexität werden daher im weiteren Verlauf Konzepte vorgestellt, welche die Modellierung und Entwicklung von Anwendungssystemen zum Ziel haben und damit die Unterstützung der systemtechnischen Informationsverarbeitungen in und zwischen Unternehmen fokussieren. Diese Anforderung kann nicht für alle Konzepte bereits durch eine Selektion anhand des Konzeptnamens erfüllt werden.
In die wissenschaftliche Literatur haben folgende Ansätze zur Unternehmens- bzw. Informationssystemmodellierung Einzug gefunden, die nachfolgend in der für die Arbeit notwendigen Detaillierung dargestellt werden:

- Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS) nach Scheer,
- *Semantisches Objektmodell* (SOM) nach Ferstl und Sinz,
- Business Engineering nach Österle,
- Framework für IS-Architekturen nach Zachman,
- Ganzheitliche Informationssystemarchitektur nach Krcmar,
- *IEEE 1471 Standard* für Architekturbeschreibungen.

2.2.2.2.1 ARIS

ARIS ist ein allgemeines Architekturmodell für Informationssysteme und wurde als Referenzmodell für industrielle Geschäftsprozesse entwickelt [Sche97a]. Das ARIS-Modell (auch „ARIS-Haus" bezeichnet) besteht aus einer Organisations-, Daten-, Funktions- und Steuerungssicht (Abbildung 14). Zentrales Element des Modells ist die Steuerungssicht, da diese die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Beschreibungssichten abbildet. In jeder Sicht werden jeweils drei Beschreibungsebenen unterschieden. So umfasst das Fachkonzept die Formulierung der betriebswirtschaftlichen Problemstellung und das DV-Konzept die Übersetzung des Fachkonzeptes in eine informationstechnologische Repräsentation. Im Rahmen der Implementierung wird das Datenverarbeitungskonzept (DV-Konzept) schließlich mittels Programmierung bzw. Implementierung eines Softwaresystems umgesetzt. Die Modellierungstechniken des ARIS-Hauses werden pro Sicht festgelegt und sind auch von der jeweiligen Beschreibungsebene abhängig. So werden beispielsweise für die Datensicht ein erweitertes ERM und für die Steuerungssicht EPK-Modelle empfohlen [ScJo96, 31; Sche97a, 17].

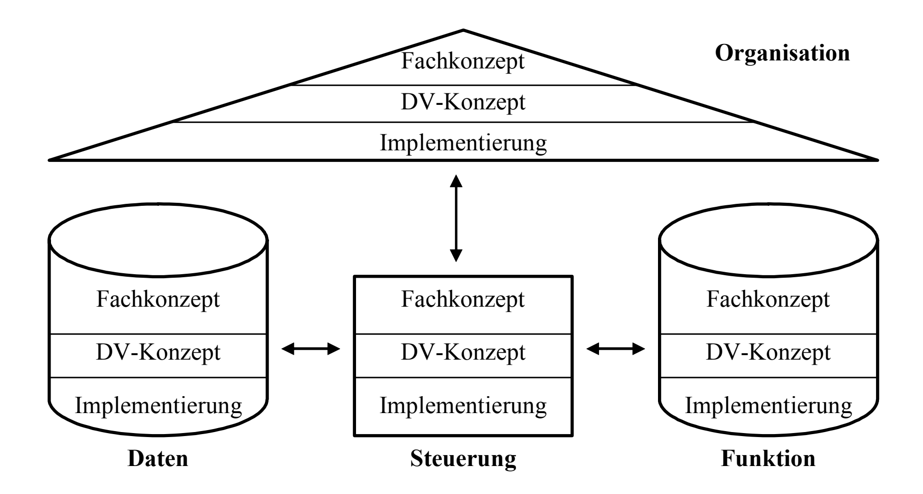


Abbildung 14: Architektur integrierter Informationssysteme [Sche97a, 17]

2.2.2.2.2 SOM

Das Semantische Objektmodell (SOM) ist „ein Ansatz zur Modellierung betrieblicher Systeme und zur Spezifikation von Anwendungssystemen" [FeSi96, 47]. Das Konzept ist generisch angelegt und kann mittels Definition angestrebter Leistungserstellungen für bestimmte Anwendungsfälle konkretisiert werden. Das SOM-Konzept unterscheidet die drei Modellebenen „Unternehmensplan", „Geschäftsprozessmodell" und „Modell der Ressourcen / Anwendungssysteme" (Abbildung 15). Der Unternehmensplan bringt die betrieblichen Ziele zum Ausdruck und entspricht damit einer Außensicht des Unternehmens. Im Gegensatz dazu werden die Geschäftsprozessmodelle mit den Lösungsverfahren zur Umsetzung der Unternehmensziele als Innensicht bezeichnet. Die dritte Modellebene umfasst die Ressourcen zur Durchführung der Geschäftsprozesse wie z. B. Aufbauorganisation, Anlagen-Architektur und Anwendungssystem-Architektur. Die Modellierung der zweiten und dritten Ebene erfolgt objektorientiert. Für die drei Modellebenen existieren jeweils zwei unterschiedliche Modellsichten. Die strukturorientierte Sicht enthält eine statische Betrachtung des Aufbaus (z. B. in Form eines Interaktionsschemas). Sie lässt sich in eine Leistungs- und eine Lenkungssicht gliedern. Die verhaltensorientierte Sicht hingegen repräsentiert die Prozesse z. B. als Vorgangs-Ereignis-Schema. Die verfügbaren Modellobjekte und deren mögliche Beziehungen untereinander werden in einem Metamodell definiert [FeSi90; FeSi95; Sinz02, 1061-1062].

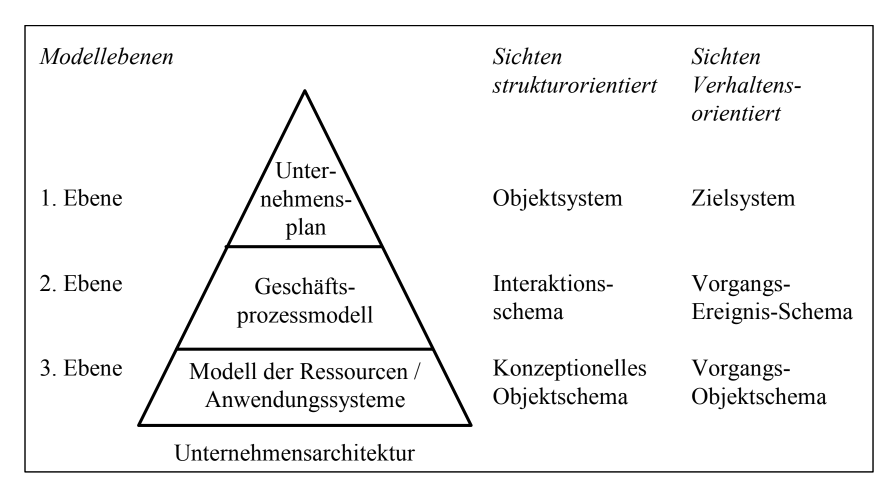


Abbildung 15: Semantisches Objektmodell [in Anlehnung an FeSi95, 212 und Sinz02, 106]

2.2.2.2.3 Business Engineering

Das Konzept „Business Engineering" (BE) wurde im Kontext des Wandels von einer Industrie- zu einer Informationsgesellschaft entwickelt [Öste95, 14]. Als Bestandteil des BE ist PROMET „eine umfassende Methode zur Prozessentwicklung (PROMET BPR) sowie zur prozessorientierten Einführung von Standardsoftware (PROMET SSW)" [Öste95, 28-30]. Das Business Engineering spezifiziert ein Architekturmodell und besteht aus Ebenen und Dimensionen. Abbildung 16 zeigt die vom Modell erfassten Elemente. Als Modellebenen sind die Geschäftsstrategie, die Prozesse und das Informationssystem enthalten. Die *strategische Ebene* spiegelt die Unternehmensposition im Markt und die strategischen Entscheidungen der Unternehmensleitung wider. Die *Prozessebene* leitet sich von den Aktivitäten und Handlungsabläufen ab. Die Ebene der *Informationssysteme* verfeinert schließlich den Prozessentwurf und stellt die Basis für eine informationstechnologische Umsetzung dar. Jede Modellebene wird aus unterschiedlichen Dimensionen (bzw. Perspektiven) betrachtet. Zu den wesentlichen Dimensionen gehören die Organisations-, Daten- und Funktionssicht, es können jedoch weitere Sichten ergänzt werden (z. B. Personal). Ein integriertes Metamodell deckt mit einer Makroebene und einer Mikroebene als unterschiedliche Detaillierungsgrade die erwähnten Modellebenen und Betrachtungsdimensionen ab [Öste95, 28-30; ÖBGG96, 8-10].

	Organisation z.B.	Daten z.B.	Funktionen z.B.	Personal z.B.	…
Geschäfts-strategie	Geschäfts-felder	Daten-banken	Applika-tionen	Karriere-plan	
Prozess	Aufgaben	Entitäts-typen	Trans-aktionen	Team-bildung	
Informations-system	Verantwort-lichkeiten	Attribute	Dialogflüsse	Mitarbeiter-bewertung	

Abbildung 16: Architektur des Business Engineering [Öste95, 31]

2.2.2.2.4 Zachman-Framework für IS-Architekturen

Das Zachman-Framework (auch „Framework for information systems architecture") ist ein Modell zur Beschreibung von Unternehmen und den darin existierenden Informationssystemen [Zach87]. Die zugrunde liegende Idee des Rahmenwerkes ist einerseits das Widerspiegeln der unterschiedlichen Perspektiven von Modellierungsrollen durch eine Vielzahl von Architekturrepräsentationen und andererseits der Ansatz, dass ein Objekt aus mehreren Perspektiven betrachtet in unterschiedliche Beschreibungsformen (Sichten) überführt werden kann [Zach87, 283]. Das Zachman-Framework unterscheidet die Rollen „Planner", „Owner", „Designer", „Builder" und „Subcontractor" [SoZa92, 592], die als horizontale Dimension des Modells herangezogen werden. Jeder Rolle ist eine Architekturperspektive zugeordnet. Die mit „Scope" (der Rolle „Planner" zugeordnet) bezeichnete Perspektive enthält ein Übersichtsmodell des Unternehmensmodells bzw. des Informationssystems. Das „Enterprise model" bzw. „Business model" als zweite Perspektive beschreibt die Gesamtarchitektur aus Sicht des Unternehmens oder des Nutzers des Systems und ist damit der Rolle „Owner" zugeordnet. In dem „System model" (der Rolle „Designer" zugeordnet) wird die Architektur in Hinblick auf die spätere Umsetzung spezifiziert. Aus Sicht des „Technology model" müssen system- und werkzeugbedingte Anforderungen berücksichtigt werden. Dieses Modell bezieht sich auf die Rolle „Builder" und steht damit in direktem Bezug zur systemtechnischen Umsetzung der Architektur. Die Architekturperspektive „Components" beinhaltet Vorgaben, die für eine Einbindung von zugelieferten Systembestandteilen notwendig sind. Diese Modelle sind der Rolle „Subcontractor" zugeordnet. Die genannten Architekturperspektiven stellen die Zeilen im tabellarisch darstellbaren Zachman-Framework dar. Die vertikale Dimension des Modells

(Spalten) ergibt sich aufgrund verschiedener Ansätze zur Abstraktion der Realwelt. Das Modell in seiner ersten veröffentlichten Fassung aus dem Jahr 1987 umfasste zunächst drei Spalten: „Data", „Process" und „Network". Dabei korrespondiert die erste Spalte mit der Darstellung der beteiligten Entitäten (z. B. Datenobjekte), die zweite Spalte mit einer vorgangsorientierten Beschreibung, wie Entitäten miteinander interagieren, und die dritte Spalte mit der logischen und physischen Zuordnung der Entitäten in der technischen Infrastruktur [Zach87, 283]. In [SoZa92] wurde das Modell um drei weitere Spalten ergänzt. Eine Nutzerperspektive bestimmt die Anwender des Systems bzw. der Architektur („People" bzw. „Organization"), eine Ereignisperspektive spezifiziert zeitliche Aspekte („Time" bzw. „Schedule") und eine Zweckperspektive beschreibt Motivationsaspekte in der Architektur („Strategy") [SoZa92, 596-599]. Das erweiterte Zachmann-Framework ist in Abbildung 17 dargestellt.

	What?	**How?**	**Where?**	**Who?**	**When?**	**Why?**
Scope						
Enterprise Model						
System Model						
Technology Model						
Components						
Working System	**Data**	**Function**	**Network**	**Organiza-tion**	**Schedule**	**Strategy**

Abbildung 17: Zachmann-Framework [in Anlehnung an SoZa92, 602]

2.2.2.2.5 Ganzheitliche Informationssystemarchitektur

Das Modell der „Ganzheitliche Informationssystemarchitektur" nach Krcmar hat einen kreiselförmigen Aufbau und verdeutlicht damit visuell die implizite Anforderung nach der Abstimmung aller Sichten auf- und zueinander, um damit eine die Unternehmensziele unterstützende Informationssystem-Architektur realisieren zu können (Abbildung 18). Berücksichtigt werden nicht nur die technologischen und infrastrukturellen Aspekte von Informationssystemen, sondern auch die Unternehmensziele und, davon abgeleitet, die sich daraus ergebenden organisatorischen Strukturen [Krcm90, 399]. Wie Abbildung 18 zu entnehmen ist, besteht das Modell aus vier Ebenen, die als Schichten bezeichnet werden. Die *erste Schicht* („Strategie") enthält Elemente der Unternehmens- bzw. Geschäftsstrategie, die mit dem zur Verfügung stehenden informations- und kommunikationstechnologischen Potential des Unternehmens abgestimmt werden müssen (Rückkopplung) [Krcm90, 399]. Die *zweite Schicht* enthält organisatorische Modelle und beschreibt damit die Ablauf- und die Aufbauorganisation (Prozesse und Strukturen). Diese Schicht erfüllt primär die Aufgabe, die gewählte Unternehmensstrategie umzusetzen [Krcm90, 399]. Auf der *dritten Schicht* werden Architekturen der Daten, der

Anwendungen und der Kommunikationsstruktur spezifiziert. Krcmar lehnt sich hierbei an das Modell von Zachman an (vgl. Abschnitt 2.2.2.2.4). Die Datenarchitektur beschreibt den statischen Zusammenhang zwischen den für das Unternehmen relevanten Daten. Die geforderte Langfristplanung und -entwicklung der Datenmodelle unterstützt die nachhaltige Beständigkeit von Unternehmen. Anwendungsarchitekturen enthalten unternehmensbezogene Funktionen (Methoden bzw. Prozesse zur Bearbeitung der Datenobjekte). Diese Funktionen und Regeln müssen in der Lage sein, die Informationsnachfrage zu befriedigen. Die Kommunikationsarchitektur befasst sich schließlich mit den internen und externen Kommunikationswegen aus logischer Sicht [Krcm90, 400]. Die *vierte Schicht* („Infrastruktur") beschreibt die im Unternehmen eingesetzten Informations- und Kommunikationstechnologien. Diese umfassen insbesondere die Eingabe, Verarbeitung, Speicherung und Ausgabe von Daten [Krcm90, 400]. Das Architekturmodell nach Krcmar folgt dem Ansatz der Ganzheitlichkeit und fordert damit eine enge Abstimmung der einzelnen Schichten untereinander.

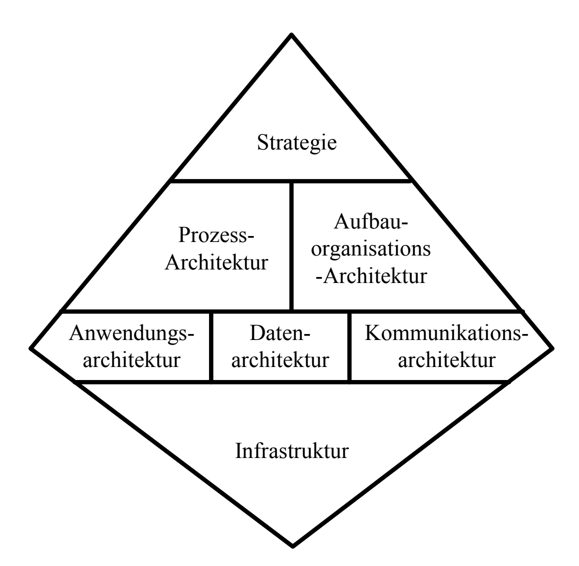


Abbildung 18: Ganzheitliche Informationssystemarchitektur nach Krcmar [Krcm90, 399]

Das Modell nach Krcmar wurde von Heinrich weiterentwickelt [Hein99]. Als wesentlicher Unterschied ist die Verfeinerung der Schichtenbildung und die Aufnahme der Informationssystemschicht bzw. -ebene als Grundfläche des Kreisels der Informationssystem-Architektur festzustellen (Abbildung 19). Die Daten-, Anwendungs- und Kommunikationsarchitektur werden als „Informationsarchitektur" subsumiert. Die Infrastruktur wird in die Technologie- und Informationssystem-Architektur untergliedert. Die Technologiearchitektur enthält Aspekte der technischen Realisierung der im Modell enthaltenen Teilarchitekturen (Umsetzung der

logischen Architekturen durch oder mittels IuK-Technologien in Form von Produkten und Diensten [Hein99, 69]). Die untere Spitze des Kreisels ist die Informationssystem-Architektur, die aus der „Betrachtung der Komponenten von Informationssystemen mit dem Zweck der Schaffung von Ordnung und Transparenz“ [Hein99, 71] hervorgeht. Der Kreisel steht nun auf einem Fundament, den Informationssystemen. Eine Stabilität wird angenommen, wenn „eine geschlossene, einheitliche Architektur der Informationsinfrastruktur“ [Hein99, 66] vorhanden ist.

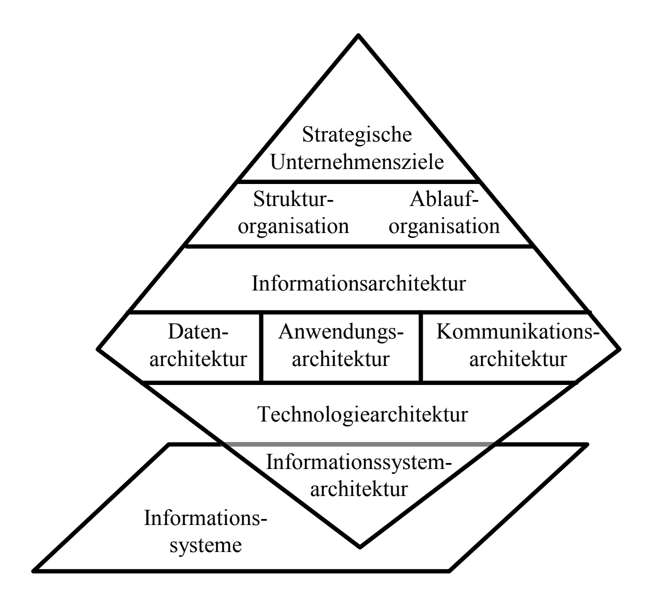


Abbildung 19: Architektur der Informationsinfrastruktur nach Heinrich [Hein99, 66]

2.2.2.2.6 IEEE 1471 Standard für Architekturbeschreibungen

Eine Empfehlung für die Gestaltung softwareintensiver Systeme hat das *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) in Form des Standards IEEE Std 1471-2000 entwickelt und veröffentlicht. Als softwareintensiv wird eine System dann bezeichnet, wenn Software einen weitgehend unverzichtbaren Einfluss auf die Gestaltung, Konstruktion und Weiterentwicklung des Systems hat [IEEE00, 1]. Dies trifft somit auch für die Informationssysteme in Unternehmen zu (vgl. Abschnitt 2.2.2.1). Eine Architektur im Sinne des IEEE-1471-Standards ist stets auf die Abbildung eines Systems gerichtet. Als System wird die Zusammenstellung von Komponenten zum Erreichen bestimmter Funktionen bezeichnet. Die Architektur bildet den grundlegenden Aufbau eines Systems ab und besteht aus den Komponenten des Systems, den Beziehungen zwischen den Komponenten, der Systemumwelt sowie den Gestaltungs- und Entwicklungsrichtlinien [IEEE00, 3]. Der Aufbau der Architektur wird anhand von Ar-

chitekturbeschreibungen („architectural description“) vorgenommen, die aus einer Zusammenstellung von Werkzeugen zur Dokumentation besteht [IEEE00, 3]. Abbildung 20 zeigt eine überblicksartige Darstellung des Ansatzes und die darin enthaltenen Elemente der Architekturbeschreibung.

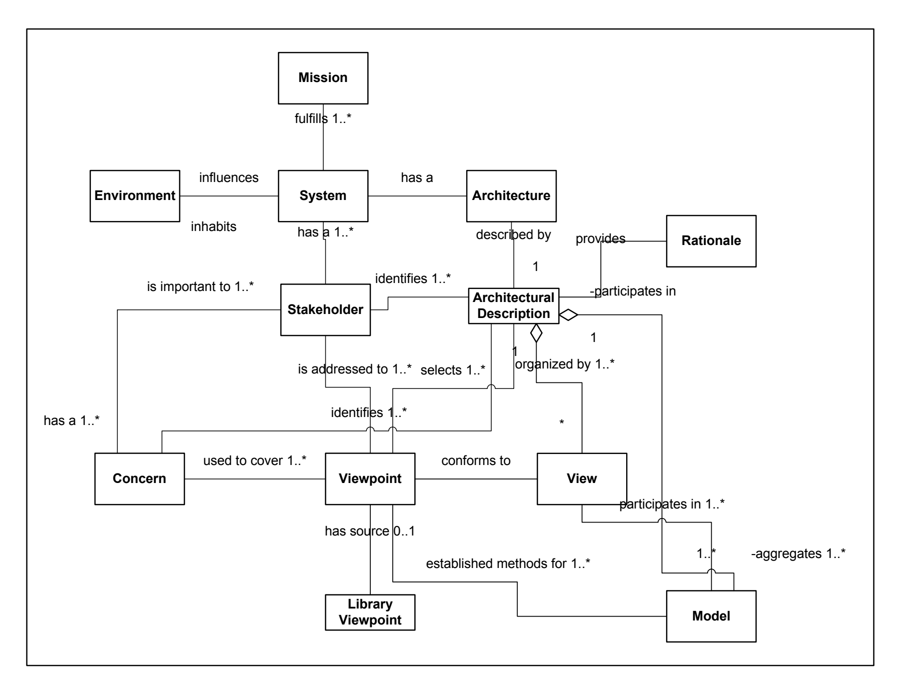


Abbildung 20: Konzeptuelles Modell einer Architekturbeschreibung nach IEEE 1471 [IEEE00, 5]

Kernelement einer Architekturbeschreibung sind Sichten („view“), die eine Repräsentation des Gesamtsystems aus Sicht einer bestimmten Perspektive darstellen und unter Einhaltung der in den „viewpoints“ vereinbarten Spezifikationen erstellt werden (z. B. „functional view“, „physical view“ oder „technical view“ [IEEE00, 4]). Eine Sicht besteht aus einem oder mehreren Modellen [IEEE00, 5]. Der IEEE 1471 Standard enthält jedoch neben den technischen und inhaltlichen Gesichtspunkten auch nutzerbezogene Aspekte („stakeholder“ als Menge der Interessenvertreter hinsichtlich des Systems mit ihren individuellen Anliegen, d. h. „concern“) [IEEE00, 6] und umweltbezogene Merkmale („environment“ als Kontext, in dem Systeme entwickelt und betrieben werden) [IEEE00, 6].

2.2.2.3 Integrationsansätze für die Gestaltung von Informationssystemen

Der Begriff der Integration wurde im Zusammenhang des Informationssystembegriffs bereits erläutert. Dabei wurde zwischen horizontaler Integration im Sinne der Abstimmung von Teilsystemen und zwischen vertikaler Integration als Verknüpfung von Informationssystemen mehrerer Detaillierungsebenen unterschieden. In [MeHo92] wird das Verständnis von Integrationsansätzen auf Basis der Modellmerkmale nach Stachowiak erweitert. So weisen Integrationsarchitekturen Eigenschaften auf, die sich in Abbildungs-, Verkürzungs- und pragmatische Merkmale gliedern lassen (Abbildung 21).

Merkmale von Integrationsarchitekturen					
1. Abbildungsmerkmale					
1.1 Modellreichweite	Reichweite des Integrationsgedanken	Volkswirtschaftliche Hauptsektoren			
1.2 Betriebliche Teilbereiche	Wertschöpfende Aufgaben	Querschnittsaufgaben			
1.3 Komponenten betrieblicher Anwendungssysteme	Menschen	Aufgaben	Informationstechniken		
2. Verkürzungsmerkmale					
2.1 Integrationsgegenstand	Aufgaben bzw. Funktionen	Abläufe	Daten		
2.2 Gliederungsgrundsatz (Systematik)	horizontal (z. B. funktional oder phasenbezogen)	vertikal (z. B. Verdichtungsgrad)			
2.3 Modellangleichung an das Original	Konzeptionelles Modell	Referenzmodell	Implementierungsmodell	Vorgehensmodell	Technisches Modell
2.4 Bestimmungsmerkmal	DV-Aufgaben	Verarbeitungsmethoden	Daten-/Informationsflüsse	Dateninhalt	Zeit (statisch, zeitbezogen)
2.5 Abbildungshilfen	grafisch	verbal	rechnergestützt	tabellarisch u. a.	
3. Pragmatische Merkmale					
3.1 Zweck des Modells	Datenintegration	Funktionsintegration	Programmintegration		
3.2 Nutzung in den Entwicklungsphasen von Anwendungssystemen	Rahmenplanung	Ist-Analyse	Soll-Planung	Bewertung / Auswahl	

Abbildung 21: Vergleichskriterien für Integrationsarchitekturen [in Anlehnung an MeHo92, 7]

Auf Basis des in [MeHo92] von Mertens und Holzner entwickelten Vergleichsschemas können Integrationsansätze klassifiziert werden. Für die vorliegende Arbeit von wesentlicher Bedeutung sind die Merkmale „Modellreichweite“, „Integrationsgegenstand“ und „Modellan-

gleichung an das Original“. Die zu entwickelnde Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme umfasst dabei die zwischenbetriebliche Integration, da nicht das einzelne Unternehmen betrachtet wird, sondern die Zusammenarbeit aller an der Wertschöpfung beteiligten Akteure. Gegenstand der Integration sind hierbei sowohl Daten als auch Abläufe bzw. Prozesse. Als relevant für die Arbeit anzusehende Konzepte sind Ansätze, die als Referenzmodell formuliert werden. In Ergänzung zu den Ansätzen zur Unternehmens- bzw. Informationssystemmodellierung wird die Darstellung vorhandener Konzepte daher um folgende Integrationsarchitekturen ergänzt:

- *UFM-UDM* nach Rauh,
- Kölner Integrationsmodell nach Grochla,
- Integriertes Bereichsmodell nach Köster und Hetzel,
- Bereichsorientiertes Interdependenzmodell nach Becker,
- *CIM-KSA* nach Scholz-Reiter,

2.2.2.3.1 UFM-UDM

Das Integrations- bzw. Unternehmensmodell (UM) nach Rauh ergibt sich aus einer Kombination von zwei Teilmodellen. Das als „UFM“ bezeichnete Unternehmensfunktionsmodell beschreibt die Funktionen eines Unternehmens [Rauh90, 57]. Rauh bezieht sich dabei auf Industriebetriebe und berücksichtigt die Funktionen *Beschaffung*, *Produktion*, *Absatz*, *Personalwesen*, *Rechnungswesen*, *Führung*, *Controlling* und *Informationsmanagement* [Rauh90, 62]. Die datenorientierte Sicht auf das Unternehmen wird im Unternehmensdatenmodell „UDM“ abgelegt. Modelle des UFM werden beispielsweise als Funktionsbäume dargestellt (Abbildung 22), im UDM werden Objekt-Beziehungs-Modelle als eine erweiterte Form der Entity-Relationship-Methode verwendet. Für jede Funktion des UFM existiert eine direkte Beziehung zum UDM, in dem die Objekt- und Beziehungsarten festgelegt werden (z. B. über eine Funktions-Objektarten-Matrix) [Rauh90, 97-99].

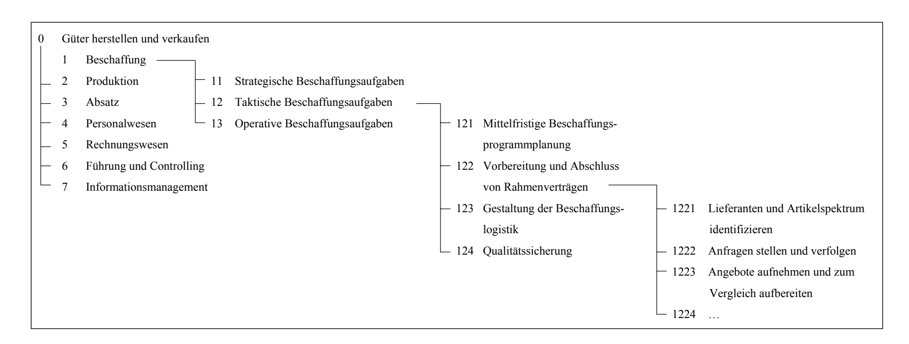


Abbildung 22: Funktionsbaum des Industriebetriebs [in Anlehnung an Rauh90, 60-62]

Das UFM-UDM trennt die Betrachtung von statischen Unternehmensdaten und dynamischen Unternehmensfunktionen. Hierin ist der Ansatz zur Bildung von Sichten auf Unternehmen zu erkennen, der bereits in Abschnitt 2.2.2.2 bei der Modellierung von Informationssystemen eingeführt wurde. Für die Entwicklung von Mass Customization Informationssystemen auf Basis eines mehrstufigen, überbetrieblichen Wertschöpfungssystems ist dieses Prinzip relevant, da einerseits die zu verarbeitenden Informationen in Form von Daten (Produktspezifikation, Kompetenzen der Wertschöpfungspartner etc.) und andererseits die notwendigen Wertschöpfungsaktivitäten in Form von Funktionen (Vorgang der Produktspezifizierung, Beschaffung von Produktbestandteilen, Fertigung etc.) im Informationssystem abgebildet werden müssen. Die hierarchische Aufgliederung der Unternehmensfunktionen zur Verfeinerung der einzelnen Aufgaben ermöglicht es außerdem, eine Dekomposition von Wertschöpfungsaktivitäten vorzunehmen, um diese den zur Verfügung stehenden Akteuren zuordnen zu können. Die Anlehnung an den Begriff der Unternehmensfunktion spiegelt dabei die primären und sekundären Aktivitäten im Unternehmen wider. Hinsichtlich der interorganisationalen Perspektive des Mass Customization Informationssystems leistet das UFM-UDM keinen zusätzlichen Beitrag, da eine innerbetriebliche Betrachtung vorgenommen wird.

2.2.2.3.2 Kölner Integrationsmodell

Das Kölner Integrationsmodell (KIM) ist ein Referenzmodell und besteht aus drei Teilmodellen. Der Ansatz folgt einem phasenorientierten Verständnis und enthält jeweils ein Modell für die Bereiche der Planungs-, Realisations- und Kontrollaufgaben [Gill74, 67-68]. Berücksichtigt werden die funktionalen Teilbereiche des Unternehmens *Beschaffung*, *Lagerhaltung*, *Leistungserstellung*, *Vertrieb*, *Rechnungswesen*, *Finanzwesen* und *Personalwesen*. Das KIM hat einen direkten Bezug zur Informationsverarbeitung im Unternehmen und stellt die anfallenden DV-Aufgaben innerhalb der Bereiche und zwischen diesen dar. Dokumentiert werden die Verarbeitungsfunktionen in Aufgabenbeschreibungslisten, in denen auch zeitliche Abhängigkeiten der Aufgaben beschrieben werden können. Die Informationsflüsse zwischen den Aufgaben werden in Kanalbeschreibungslisten aufgeführt. Als Kanal wird eine Zusammen-

stellung einfacher oder aggregierter Daten verstanden [MeHo92, 13]. Konnektoren zeigen schließlich Übergänge zwischen den vorhandenen grafischen Modellen auf. Somit umfasst das KIM einerseits einen verbalen Teil mit Aufgabenbeschreibungen, Kanalbeschreibungen und Konnektoren und einen grafischen Teil, der die Teilmodelle der Planungs-, Realisation und Kontrollaufgaben in visuell aufbereiteter Form enthält (Abbildung 23) [GGGP74, 190].
Das KIM führt zu einer Explizierung der Informationsflüsse und stellt eine modellhafte Darstellung in Form von Visualisierungen bereit. Mit der Aufteilung in Aufgaben- und Kanalbeschreibungslisten nimmt auch das KIM eine Aufteilung in dynamische funktionsbezogene und statische datenbezogene Aspekte des Unternehmens vor. Die interorganisationale Perspektive spielt eine untergeordnete Rolle, da der Fokus auf der innerbetrieblichen Integration liegt und damit Zusammenhänge zwischen Unternehmensbereichen dargestellt werden. Für die Entwicklung von Mass Customization Informationssystemen ist die Aufteilung in Funktionen und Informationsflüsse von Bedeutung. Weitere Implikationen durch diesen Ansatz sind nicht möglich.

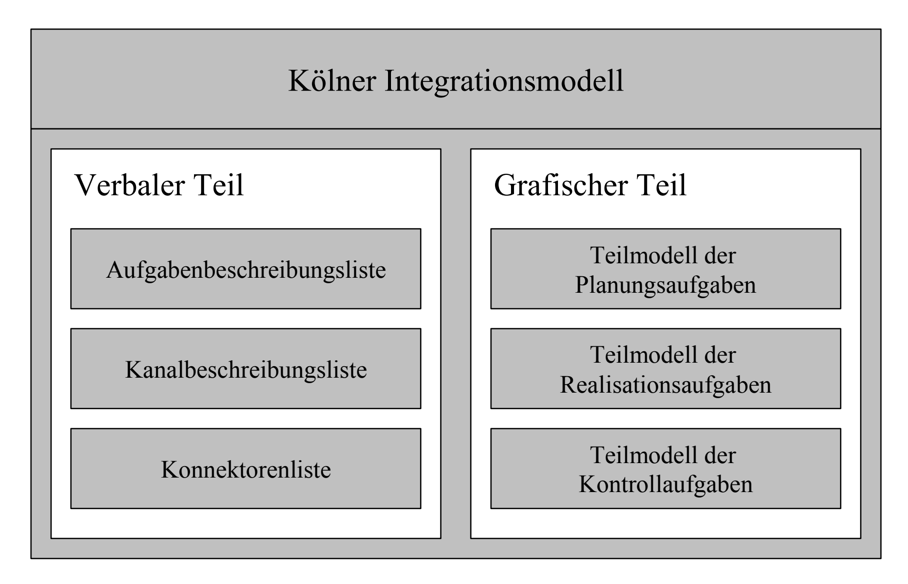


Abbildung 23: Bestandteile des Kölner Integrationsmodells [in Anlehnung an GGGP74, 190]

2.2.2.3.3 Integriertes Bereichsmodell

Basis des Integrierten Bereichsmodells (IBM) nach Köster und Hetzel ist eine Beschreibungssprache zur Vereinheitlichung der Verwendung von Begriffen [MeHo92, 13-16]. Ausgehend von diesem Beschreibungssystem können Dienste zur Informationsversorgung im Unternehmen aufgebaut werden (z. B. Projekt-Informations-Dienst oder Literatur-Informationsdienst).

Das Bereichsmodell umfasst eine Hierarchisierung, nach der ein Fertigungsbetrieb aus mehreren Arbeitsbereichen besteht. Jeder Arbeitsbereich umfasst Arbeitsgebiete, die untereinander in Beziehung stehen. Arbeitsgebiete werden schließlich in Form von Aufgaben detailliert (Abbildung 24). Zwischen den Arbeitsgebieten und den Aufgaben existieren Informationsflüsse. Damit leiten Köster und Hetzel den Datenverarbeitungsablauf eines Industriebetriebs ab, der um ein System der Verarbeitungsmethoden ergänzt wird [MeHo92, 14]. Zu den Arbeitsbereichen eines Industriebetriebs zählen dabei *Vertriebswesen*, *Unternehmensplanung*, *Entwicklung und Konstruktion*, *Materialversorgung*, *Fertigungsvorbereitung und Fertigung*, *Personalwesen*, *Kostenrechnung*, *Rechnungswesen*, *Organisation und Datenverarbeitung* und a*llgemeine Grundlagen* [KöHe71, 99-107]. Das Integrierte Bereichsmodell von Köster und Hetzel fokussiert fertigungsbezogene Unternehmen.

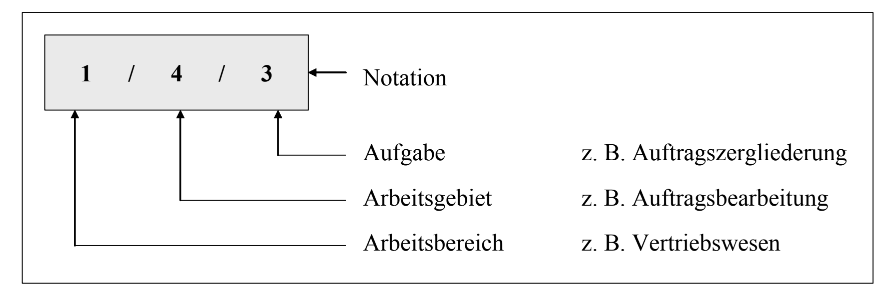


Abbildung 24: Notation des integrierten Bereichsmodells am Beispiel der Aufgabe 1-4-3 [in Anlehnung an KöHe71, 43]

Das IBM betrachtet die Informationsversorgung in Unternehmen. Die Entwicklung eines einheitlichen Begriffskatalogs in Hinblick auf die Informationsverarbeitung in Unternehmen ist jedoch auch aus Sicht von überbetrieblichen Wertschöpfungssystemen bedeutsam. Insbesondere bei einer Dynamisierung der Zusammensetzung durch die Hinzunahme oder das Ausscheiden von Wertschöpfungspartnern führt ein einheitliches Vokabular zur Beschleunigung der Aufnahme von Geschäftsbeziehungen. Die Informationsverarbeitung innerhalb von Mass Customization Wertschöpfungsnetzwerken ist aufgrund der Produktindividualisierung und -spezifizierung sowie aufgrund des damit verbundenen Austausches dieser Informationen innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerkes umfassender als in Systemen für die massenhafte und standardisierte Produktion. Für Mass Customization Informationssysteme von Bedeutung ist daher die Klassifizierung von Begriffen sowie die Bereitstellung von Nummernsystemen für Unternehmensfunktionen, die zur Systematisierung und Erhöhung der Effizienz eines Wertschöpfungssystems führen können.

2.2.2.3.4 *Bereichsorientiertes Interdependenzmodell*

Das Bereichsorientierte Interdependenzmodell (BIM) nach Becker basiert auf dem Y-CIM-Modell von Scheer, einem Referenzmodell für die industrielle Fertigung (Abbildung 25, linker Bildausschnitt) [Sche90]. Der linke Teil des Modells hat betriebswirtschaftlichen Charakter und umfasst Aufgaben wie z. B. Produktionsplanung und -steuerung. Im Gegensatz dazu bezieht sich der rechte Modellteil auf konstruktions- und produktbezogene Aufgaben [Sche90, 2]. Das BIM erweitert das Y-Modell um zusätzliche Anwendungssysteme (z. B. Finanzbuchhaltung, Kostenrechnung und Personalwirtschaft) und hat damit eine Ausrichtung auf sekundäre Aktivitäten im Unternehmen. Im Modell werden nur auftrags-, produkt- und ressourcenbezogene Informationsflüsse berücksichtigt [MeHo92, 13-16]. Im Vordergrund stehen dabei die informationsverarbeitenden Aufgaben des CIM-Bereichs. Das Modell nach Becker analysiert bereichsbezogene Interdependenzen und berücksichtigt damit die Entwicklungen in Unternehmen, dass die Unternehmensbereiche nicht mit dem Fluss der Unternehmensvorgänge übereinstimmen. Dabei greift das Modell von Becker die Bereiche des Y-CIM-Modells auf und entwickelt Interdependenzkanten zwischen den einzelnen Bereichen, die als Ebenen auf das Y-Modell projiziert werden können (Abbildung 25, rechter Bildausschnitt) [Sche90, 44].

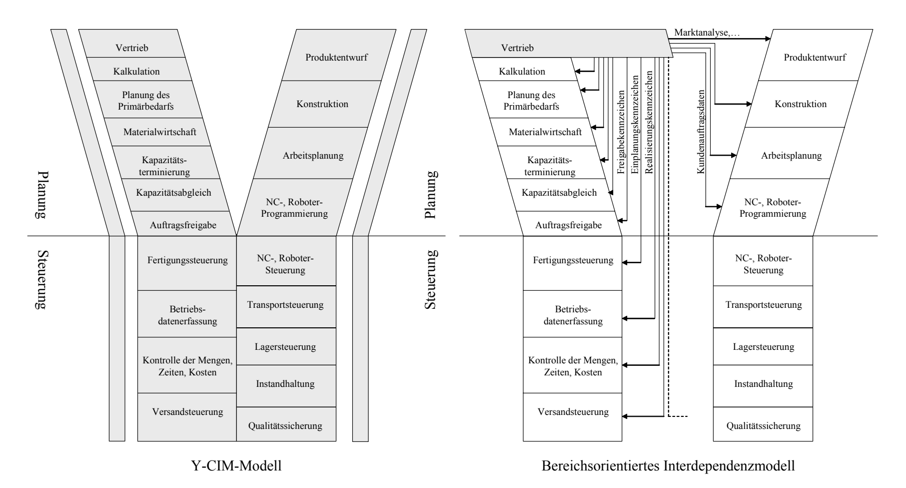


Abbildung 25: CIM-Y-Modell [in Anlehnung an Sche90, 2] und bereichsorientiertes Interdependenzmodell für den Bereich „Vertrieb“ [in Anlehnung an Beck91, 44]

In der in [BeRo93] veröffentlichten Weiterentwicklung wird das Begriffsverständnis dahingehend präzisiert, dass der Informationsfluss innerhalb von und zwischen Organisationen das Objekt des CIM ist. Davon abzugrenzen ist die auf den Materialfluss bezogene Logistik [BeRo93, 33], wobei eine Dominanz produktionsbezogener Aspekte vorliegt (Fertigungslogistik).

Die im BIM vorgenommene Erweiterung des Y-Modells bezieht sich vorrangig auf die Informationsflüsse zwischen den dargestellten Bereichen und deren Abhängigkeiten.
Das BIM berücksichtigt explizit die Unterscheidung material- und informationslogistischer Aspekte. Die Verknüpfung von kaufmännischen mit konstruktions- und produktbezogenen Aufgaben im Unternehmen ermöglicht innerhalb eines Wertschöpfungssystems die integrierte Sicht von Fertigung und der gesamten Wertkette zur Abwicklung von Aufträgen. Für Mass Customization Informationssysteme relevant ist hierbei die informationslogistische Perspektive, mit der sich die Informationsflüsse zwischen den Wertschöpfungspartnern beschreiben lassen. Die in [BeRo93] vorgenommene Unterscheidung zwischen den CIM-Begriffen und der Logistik spielt hierbei jedoch eine untergeordnete Rolle.

2.2.2.3.5 CIM-KSA

Das Integrationsmodell CIM-KSA nach Scholz-Reiter ist auf Industriebetriebe im Bereich des Maschinenbaus mit Einzel- und Kleinserienfertigung ausgerichtet. Es besteht aus zwei Teilmodellen: einem Referenzmodell, in dem die betrieblichen Funktionen modelliert werden, und einem Vorgehensmodell, das die Anwendung des Referenzmodells spezifiziert (Abbildung 26) [Scho90, 154]. Das CIM-KSA Datenmodell umfasst als Modellbestandteile die Objekte *Aufgabe*, *Stelle* als Aufgabenträger, *Informationen* als Objekte der Aufgabendurchführung und *Informationsflüsse* als Transport der Information [Scho90, 154-155]. Diese Objekte werden in einer Modelldatenbank abgelegt. Zur Bildung eines unternehmensspezifischen Integrationsmodells werden zunächst die relevanten Aktivitäten ausgewählt. Nach einer Festlegung der Bearbeitungsreihenfolge der Aktivitäten und einer Bestimmung der kritischen Erfolgsfaktoren werden Bewertungskriterien für die Aktivitäten vereinbart. Die Bearbeitung der Aktivitäten auf Basis des Vorgehensmodells ist daraufhin möglich. Aufgrund des CIM-Bezugs werden als Aktivitäten CIM-Vorgangsketten verwendet [Scho90, 175]. Das CIM-KSA ist ausgerichtet auf Produktionsunternehmen und stellt Methoden und Konzepte für ein rechnergestütztes Werkzeug für die Planung bereit.

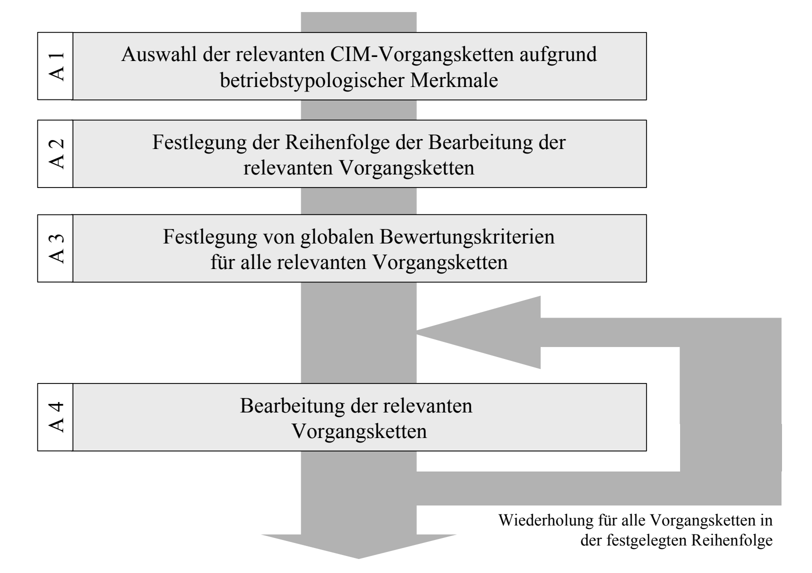


Abbildung 26: Vorgangsschritte der CIM-KSA [in Anlehnung an Scho90, 175]

Das CIM-KSA stellt mit dem Fach- bzw. Referenz- und Vorgehensteilmodell ein umfangreiches Integrationsmodell für Industrieunternehmen vor. Das Referenzmodell enthält ein Datenmodell für statische Aspekte und Vorgangskettenmodelle für Vorgänge und Abläufe (dynamische Aspekte). Somit bestätigt dieser Ansatz die Aufteilung in statische und dynamische Modelle für Mass Customization Informationssysteme. Das CIM-KSA enthält außerdem nicht nur Aussagen über den prinzipiellen Gegenstand der Modelle, sondern spezifiziert auch die Verwendung bestimmter Modellierungssprachen (hier: Vorgangsketten). Eine explizit interorganisationale Perspektive wird jedoch nicht eingenommen.

Alle der dargestellten Integrationsansätze fokussieren die funktions- und datenbezogene Integration von Unternehmen. Dabei werden teils umfangreiche Modelle der betrieblichen Funktionen und den damit verbundenen Daten entwickelt. Der Anwendungsbereich der Modelle ist auf fertigungsbezogene Unternehmen ausgelegt. Im Vergleich zu den Ansätzen zur Modellierung von Informationssystemen und Informationssystem-Architekturen weisen die dargestellten Integrationsansätze zwar einen Bezug zur DV-Verarbeitung auf, bleiben aber hinsichtlich der Überführung von betriebswirtschaftlichen Problemstellungen in implementierte DV-Systeme auf einer konzeptionellen Ebene. Sie leisten damit einen inhaltlichen Beitrag aufgrund der darin vorgenommenen Domänendekomposition auf Daten- und Funktionsebene.

2.2.2.4 Aufbau eines generischen Architekturrahmens

In ihrer Ausprägung und dem Einsatzzweck unterscheiden sich die vorhandenen Architekturkonzepte für Informationssysteme und deren Integration. Es können jedoch gemeinsame Gestaltungsmerkmale identifiziert werden, welche die einzelnen Konzepte in unterschiedlicher Ausprägung aufweisen. Ein generischer Architekturrahmen wird in diesem Abschnitt dargestellt und erläutert, da auf dessen Basis auch das spätere Vorgehen der Architekturentwicklung (Abschnitt 5.1.3) formuliert wird.
Wie im Software Engineering [vgl. IEEE90] und im Systems Engineering [Thom93] entsteht auch bei der Entwicklung betrieblicher Anwendungssysteme der Bedarf zur Modellierung und Visualisierung von Systemen [Müll00, 108-110]. Zu den Ansätzen für eine Beschreibung und Analyse von Systemen gehören einerseits die Erstellung von *Sichten* auf das System und die *Zerlegung* des Systems. Bei der Betrachtung eines Systems aus verschiedenen Sichten werden mehrere Perspektiven eingenommen, die alleine nicht in der Lage sind, den Ausschnitt der Realwelt vollständig zu erfassen. Zu den möglichen Sichten gehören beispielsweise Ressourcen, Kosten, Prozesse etc. [Müll00, 111]. Zerlegungstechniken haben das Ziel, ein Gesamtsystem in Teilsysteme zu zerlegen und damit handhabbar zu machen. Hierbei lassen sich die *Dekomposition* und die *Abstraktion bzw. Konkretisierung* unterscheiden. Mittels Dekomposition werden Systeme in ihre Elemente und deren Beziehungen untereinander zerlegt. Das Ziel besteht dabei darin, mittels der Zerlegung Beziehungen zwischen Teilsystemen auf gleicher Detaillierungsstufe minimal zu halten [Müll00, 125]. Erfolgt dies unter Berücksichtigung einer Über- und Unterordnung von Teilsystemen, so spricht man von Hierarchisierung. Mittels Abstraktion oder Konkretisierung werden Systeme anhand des Kriteriums des Realweltbezugs entwickelt. Die Konkretisierung ist ein Top-Down-Ansatz, da das Gesamtmodell schrittweise verfeinert wird. Im Gegensatz dazu entspricht die Abstraktion einem Bottom-Up-Ansatz. Hierbei werden vorhandene oder einzelne Teilsysteme schrittweise zu einem Gesamtsystem verbunden. Ein Vorteil dieses Vorgehens liegt darin, dass Systeme flexibler gestaltet werden können. Nachteilig wirkt sich jedoch der erhöhte Abstimmungsbedarf zwischen den Teilsystemen aus. Außerdem besteht die Gefahr von redundanten Teilsystemen [Müll00, 126-128].
Der Ansatz von Sinz zur Bildung eines generischen Architekturrahmens greift die Unterscheidung von Sichten auf ein System und die Zerlegung von Systemen in Teilsysteme auf (vgl. Modellebenen und -sichten) [Sinz02, 1056]. Jede Modellebene enthält eine vollständige Beschreibung des Gesamtsystems aus einer bestimmten Perspektive. Zu den vorgeschlagenen Perspektiven gehören beispielsweise die Aufgabenebene (vgl. Fachkonzept bei Scheer), die Aufgabenträgerebene oder die Softwareebene. Für die vorhandenen Modellebenen werden außerdem Sichten gebildet, die jeweils Teilausschnitte des Gesamtsystems betrachten. Bezogen auf eine Modellebene stellen die einzelnen Sichten jeweils unvollständige Beschreibungen dieser Ebene dar. Zu den bekannten Sichten innerhalb der Modellierung von Informationssystemen gehören beispielsweise die Daten-, Funktions- oder Prozesssicht [Sinz02, 1057].

Der generische Architekturrahmen für Informationssysteme enthält außerdem weitere Bestandteile (z. B. Strukturmuster), die an dieser Stelle jedoch von geringer Bedeutung sind und daher unberücksichtigt bleiben.

Analysiert man die vorhandenen Architektur- bzw. Modellierungskonzepte für Informationssysteme in Hinblick auf die Existenz der Konzepte „Modellebenen“ und „Sichten“, so lassen sich trotz der teils sehr unterschiedlichen Ansätze Gemeinsamkeiten feststellen. So enthält *ARIS* drei Modellebenen (Fachkonzept, DV-Konzept und Implementierung) bei einer Unterscheidung der Sichten *Organisation*, *Daten*, *Steuerung* (auch: *Prozess*) und *Funktion* [Sche97a, 17]. Das Business Engineering Modell unterscheidet im PROMET-Ansatz die Modellebenen *Geschäftsstrategie*, *Prozess* und *Informationssystem* und betrachtet diese jeweils aus den Sichten *Organisation*, *Daten* und *Funktionen* [Öste95, 31]. Das *Semantische Objektmodell* enthält die drei Modellebenen *Unternehmensplan*, *Geschäftsprozessmodell* und *Ressourcenmodell*. Für alle drei Modellebenen werden jeweils eine *strukturorientierte* und eine *verhaltensorientierte Sicht* definiert [Sinz02, 1062]. Auch Zachman unterscheidet verschiedene Abstraktionsniveaus (Modellebenen): *scope*, *model of business*, *model of information system* und *technology model* [Zach87, 284-287]. Zudem werden die Sichten *data model*, *process model* und *network model* eingeführt [Zach87, 283]. Die Unterscheidung von Modellebene und Sichten ist somit ein verbreiteter Ansatz innerhalb der Modellierung von Informations- bzw. Anwendungssystem-Architekturen.

Da nach Gutzwiller eine Modellierungsmethode nicht nur aus der zu verwendenden Modellierungssprache und der zu erwartenden Dokumentation in Form von Modellen besteht, sondern auch das Vorgehen zur Durchführung der Methoden definiert [Gutz94, 13], stehen die dargestellten Architekturkonzepte auch in enger Beziehung zu Vorgehensmodellen. In der gewählten Reihenfolge der Ebenen ist das Vorgehen als Konkretisierung zu bezeichnen. Der Ebenenverlauf repräsentiert dabei wiederum eine Konkretisierung von den betrieblichen Anforderungen zu dem Informationssystem. Die Unterscheidung der Dimensionen entspricht der Bildung von Sichten. Im Rahmen der Modellerstellung werden nacheinander auf jeder einzelnen Ebene zunächst die festgelegten Dimensionen abgebildet. Das Vorgehen folgt dem Top-Down-Ansatz, da zunächst die Geschäftsstrategie, nachfolgend der Prozess und abschließend das Informationssystem modelliert werden [Öste95, 22-31]. Ein generalisiertes Vorgehen zur Entwicklung eines Informationssystems, das auf dem Business Engineering Konzept von Österle basiert, ist in [Bien01] dargestellt. Bieniek greift das Verständnis von Gestaltungsebenen und -dimensionen auf, stellt jedoch darauf ab, dass die Festlegung dieser beiden Parameter von der jeweiligen Aufgabenstellung und der Umfeldsituation abhängt. Das Modell der dort dargestellten Entwurfsmethodik berücksichtigt dabei konkrete Gestaltungsdimensionen, verzichtet jedoch zunächst auf eine Festlegung der Gestaltungsebenen (Abbildung 27).

Innerhalb der Methoden zur Erstellung eines Informationssystems bzw. dessen Architektur können zudem die Ansätze der bekannten Vorgehendmodelle der Softwareentwicklung wie z. B. V-Modell, Wasserfallmodell oder Spiralmodell verwendet werden (eine vergleichende

Übersicht kann z. B. [HeMF92, 33-39] entnommen werden). So wird in [Öste95, 16] nicht nur die unidirektionale Entwicklung von der ersten bis zur letzten Ebene dargestellt, sondern ausdrücklich auch der Rückgriff auf die übergeordneten Ebenen. Dies ist bereits deshalb notwendig, da Informationssysteme Restriktionen für übergeordnete Ebenen setzen können [Öste95, 18].

Die Darstellung der vorhandenen Architekturkonzepte hat gezeigt, dass sich trotz der zum Teil erheblichen Unterschiede der Ansätze konzeptionelle und methodische Gemeinsamkeiten erkennen lassen. Für den weiteren Verlauf der Arbeit erheblich ist dabei die Unterscheidung von Modellebenen und -sichten, um Informations- bzw. Anwendungssysteme detailliert analysieren und beschreiben zu können. Weiterhin wird der generische Architekturrahmen auch als Entwurfsmethodik verwendet und stellt somit den Vorgang der Architekturentwicklung dar.

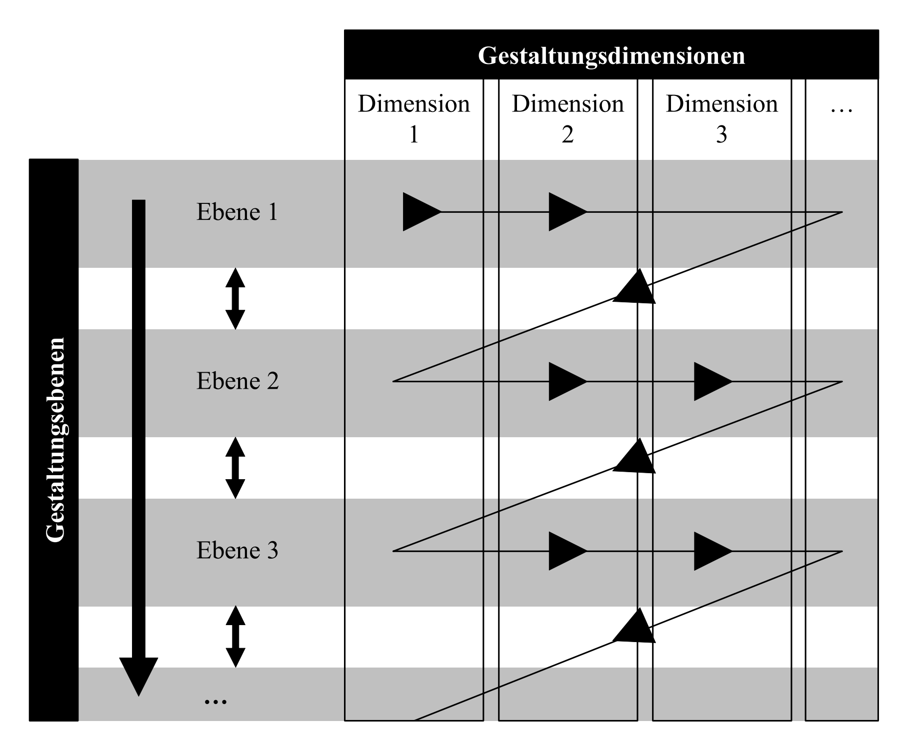


Abbildung 27: Generische Entwurfmethodik [nach Öste95, 30 mit den Erweiterungen von Bien01, 63]

2.2.3 Modellierung von individualisierbaren Produkten

Die Phase der Erhebung von Individualisierungsinformationen des Kunden gilt als wesentlicher Abschnitt in der Prozesskette von Mass Customization [Pill98, 10; Wüpp01, 152ff.; RPMö02b, 3]. Der Erfolg von Anbietern kundenindividueller Massengüter hängt daher maßgeblich davon ab, inwieweit es ihnen gelingt, 1. die Wünsche des Kunden zu ermitteln, 2. die Wünsche und Anforderungen in Produkteigenschaften zu explizieren, 3. die Machbarkeit eines spezifizierten Kundenproduktes zu überprüfen, 4. die Herstellung des Produktes zu organisieren und 5. die eindeutige Zuweisung jedes einzelnen Produktes zu den jeweiligen Kunden sicherzustellen. In diesem Zusammenhang finden sich in der Literatur insbesondere zwei Begriffe, die eng mit den erwähnten Anforderungen in Beziehung stehen: Produktmodell und Produktkonfiguration. In den folgenden Abschnitten wird deshalb der Begriff der Produktmodellierung dargestellt und eine Erweiterung des Begriffs der Produktkonfigurierung vorgenommen. Die anwendungsorientierten Begriffe Produktmodellierung bzw. -konfiguration werden in vielen Bereichen verwendet (z. B. Produktdatenmanagement, Computer Aided En-

gineering und auch Mass Customization) und leiten sich von den theoretischen Konzepten „Modellierung“ und „Konfiguration“ ab.

2.2.3.1 Produktmodellierung

Der strukturelle Aufbau von Gütern und insbesondere von Produkten wird in Form von Produktmodellen abgebildet. Es werden die realen Elemente mit ihren Ausprägungen und deren Zusammenwirken abstrakt nachgebildet. Als Produktmodell versteht man deshalb die formale Beschreibung von Produktbestandteilen und deren Beziehung untereinander, d. h. man unterscheidet zwischen teilespezifischen und strukturspezifischen Daten [WeMü81, 377]. Der Bezug zur rechnertechnischen Darstellung lässt eine Bezeichnung von Produktmodellen als Produktdatenmodelle zu. Zur Interpretation dieser Modelle kann jedoch die Kenntnis von domänenspezifischem Wissen notwendig sein [Stro98, 65]. Der Begriff des integrierten Produktmodells geht über die produktionsorientierte Betrachtung hinaus, da neben der umfassenden Beschreibung von verschiedenen physikalischen Produkteigenschaften die Sichtweise des Anwendungsbereiches sowie Produktinformationen aus allen Phasen des Produktlebenszyklus berücksichtigt werden [GrAP93, 6].
Als Produktarchitektur bezeichnet Ulrich ein Modell, das die Funktionen eines Produktes mit dessen physischen Bestandteilen verknüpft. Dabei wird der Begriff anhand der folgenden drei Merkmale definiert: Eine Produktarchitektur besteht aus

- einer Gliederung von Funktionselementen (auch: -anforderungen),
- der Zuordnung von Funktionselementen und physischen Produktbestandteilen und
- der Spezifikation der Schnittstellen für die Interaktionen zwischen den physischen Produktbestandteilen [Ulri95, 420].

Innerhalb von Produktarchitekturen lassen sich zwei gegensätzliche Arten unterscheiden: modulare und integrale Architekturen. Modulare Produktarchitekturen implizieren die eindeutige Zuordnung von Produktbestandteil und Funktionselement. Die Schnittstellen zwischen den Produktbestandteilen lassen sich außerdem entkoppeln. Im Gegensatz dazu enthält eine integrale Produktarchitektur komplex verwobene Beziehungen zwischen Funktionselementen und Produktbestandteilen, so dass eine Zuordnung einer ausgewählten Funktion auf eine bestimmte Produktkomponente nicht möglich ist [Ulri95, 422].
Modulare Produktarchitekturen können Ausgangspunkt von Produktmodularisierungen sein, die eine kosteneffiziente Herstellung individueller Produkte ermöglichen (vgl. Abschnitt 2.1.2.2.1). Innerhalb der modularen Produktarchitekturen werden drei verschiedene Arten voneinander abgegrenzt:

- Baugruppenkonzepte („Slot“),
- Buskonzepte („Bus“),
- Gliederbaukonzepte („Sectional“) [Ulri95, 424; eigene Übersetzung].

Ökonomische Vorteile erzielen modulare Produktarchitekturen aufgrund der Möglichkeit zur Beherrschung von Produktvarietät, zur Unterstützung der Produktüberarbeitung, der Standardisierung von Produktbestandteilen und zur Erhöhung der technischen Leistungsfähigkeit von Produkten [Ulri95, 426-432]. Außerdem kann die „strategische Flexibilität" [Sanc00, 614] erhöht werden: Größere Produktvielfalt wird erreicht, technologisch weiterentwickelte Produkte können schneller in den Markt eingeführt werden und Kosten für Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Kundenservice können gesenkt werden [Sanc00, 614]. Aufgrund von komplexen Produktzusammensetzungen existieren Produktmodelle oft nicht in Form eines einzigen Modells, sondern sie setzten sich aus Partialmodellen zusammen. Hierbei nehmen die einzelnen Teilmodelle jeweils bestimmte Perspektiven ein oder sie berücksichtigen nur ausgewählte Aspekte des Produktes (z. B. im Rahmen von STEP [AnTr00], vgl. Abschnitt 4.2.2.1).

Die vorliegende Arbeit schränkt die Betrachtung nicht ex ante auf ausschließlich eine der beiden Arten von Produktarchitekturen ein (modular oder integral), fokussiert jedoch den modularen Ansatz. Dies liegt einerseits an der Komplexitätsreduzierung aufgrund einer direkten Zuordnung von Produktfunktionen und -bestandteilen, welche die produktbezogenen Modelle der Anwendungsarchitektur vereinfachen, und andererseits an der Anwendbarkeit des Ansatzes für das Branchenbeispiel für die Schuhindustrie.

2.2.3.2 Produktkonfiguration und Erweiterung des Konfigurationsbegriffs

Die Herstellung von Gütern in kundenspezifisch individualisierten Wertschöpfungssystemen erfordert die Ermittlung von Parametern, mittels derer ein Kunde sein gewünschtes Produkt spezifizieren kann. Dieser Vorgang wird – nicht nur innerhalb der Mass Customization Forschung – als „Produktkonfigurierung" bezeichnet [Wüpp00; Pill03, 276ff.] und beschreibt den Vorgang der Anpassung von Produkten an die individuellen Vorgaben von Kunden. Hierbei werden unterstützende Instrumente wie z. B. Produktkonfiguratoren eingesetzt, um die Auswahlmöglichkeiten für den Kunden explizit zu machen [Wüpp99].

Definitionen für die Begriffe „Konfiguration" und „Konfigurieren" können der Informatik entnommen werden. Innerhalb der Künstlichen Intelligenz als Teilbereich der Informatik und insbesondere im Forschungsbereich der Expertensysteme existieren verschiedene Problemlösungstypen. Man unterscheidet hierbei zwischen *Klassifikation* (Auswahl einer optimalen Lösung aus einer Menge von vorgegebenen Lösungen), *Konstruktion* (Zusammensetzung einer Lösung aus Lösungselementen) und *Simulation* (Lösung als Vorhersage der Auswirkungen von gegebenen Ursachen) [Gras00, 24; Pupp90]. Die Konfigurierung von Gütern lässt sich grundsätzlich dem Problemlösungstyp der Konstruktion zuordnen [Gras00]. Unter Berücksichtung des „match-to-order"-Prinzips als der einfachsten Form von Mass Customization (vgl. Abbildung 3) können jedoch auch Methoden der Klassifikation zur Spezifizierung von Gütern zum Einsatz kommen (vgl. Formen des Mass Customization bzw. der Kundenintegration). Begrifflich ist zwischen *Konfigurierung* und *Konfiguration* zu differenzieren. Als

Konfigurierung bezeichnet man den Vorgang der „Aggregation von Objekten zu einer Konfiguration“ [Rose92]. Unter einer Konfiguration versteht man dagegen das Ergebnis einer Konfigurierung, d. h. ein konfiguriertes bzw. spezifiziertes Gut. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Begriffen besteht also darin, dass die Konfigurierung einen dynamischen Vorgang darstellt (Iterativum) und somit einen Zeitverlauf aufweist, der im Begriff der „Konfiguration“ fehlt (Faktitivum).

Während die Begriffe der Konfiguration aus theoretischer Sicht ohne Anwendungsperspektive existieren, findet mit der Produktkonfiguration bzw. -konfigurierung eine explizite Übertragung auf den Bereich ökonomischer Systeme mit Güterangebot statt [Wüpp99]. Aus Sicht des Produktentwicklungsprozesses werden unter einer Konfiguration daher die „[f]unktionelle[n] und physische[n] Merkmale eines Produktes [verstanden], wie sie in seinen technischen Dokumenten beschrieben und im Produkt verwirklicht sind“ [DIN96, 5; vgl. Gras00, 49-50]. Damit stehen aus der Perspektive der Produktentwicklung nicht die Ableitung neuer Produktvarianten, die Bereitstellung von Individualisierungsoptionen oder das Verfahren zur Problemlösung im Vordergrund, sondern die Dokumentation des Produkts. Die Bedeutung von Produktkonfigurationen ergibt sich nicht nur aus ihrer notwendigen Verwendung für die Herstellung von Gütern, sondern auch aus Sicht des Qualitätsmanagements, da vollständige, systematische und reproduzierbare Beschreibungen der Produkte aufgrund gesetzlicher Bestimmungen und gesellschaftlicher Anforderungen an Bedeutung gewinnen [Gras00, 12]. In der Verwendung des Begriffs „Produktkonfigurator“ oder „Produktkonfigurationssystem“ verbindet sich der methodische Ansatz zur Problemlösung in Form von DV-Systemen. Zu den Aufgaben dieser Systeme gehören beispielsweise die Erhebung der Kundendaten, die Visualisierung der Konfigurationsmöglichkeiten, die Plausibilitätsprüfung, ein prozessorientiertes Verfahren zur Durchführung der Konfigurierung sowie der Abschluss eines Auftrages.

Für die Betrachtung individualisierter Güter in mehrstufigen Wertschöpfungssystemen erweist sich dieser Betrachtungsrahmen für den Begriff „Konfiguration“ aus zwei Gründen als unzureichend:

1. Produktkonfigurierung fokussiert die Schnittstelle zwischen dem Kunden und dem produzierenden Unternehmen und setzt dabei die Bereitstellung selektierbarer Produktoptionen im Sinne modularer Produktstrukturen voraus. Damit eignet sich dieses Begriffsverständnis nicht für Wertschöpfungssysteme, die eine höhere Kundenintegration als im „assemble-to-order“ (Herstellung eines Produktes aus standardisierten Komponenten, vgl. [PiMö02]) aufweisen[1].

2. Systeme für die Produktkonfiguration stellen Methoden zur Spezifizierung von individualisierten Gütern unter Berücksichtigung vorhandener Produktoptionen und Abhängigkeiten zwischen gewählten Optionen zur Verfügung. Die Verknüpfung mit betrieblichen Informationssystemen (z. B. für die Berücksichtigung von Lieferzei-

ten, Produktionskapazitäten, Lieferantenzuordnung etc.) sowie die sich aus der gewählten Produktspezifikation ergebenden Implikationen für die Gestaltung des Wertschöpfungssystems werden vernachlässigt.

Eine auf die Kundenschnittstelle reduzierte Betrachtung des Konfigurationsbegriffs schränkt die Gestaltungsmöglichkeiten von Mass Customization Wertschöpfungssystemen ein und ist darum für die vorliegende Arbeit ungeeignet. Das zugrunde liegende Modell umfasst deshalb die Verknüpfung von Produktkonfigurierung als den Vorgang der Ermittlung von Individualisierungsinformationen mit der Konfiguration der Lieferkette, die ein offenes Wertschöpfungssystem bildet und die dynamische Hinzunahme von Wertschöpfungspartnern erlaubt (z. B. über elektronische Märkte). Das bedingt die explizite Modellierung von Beziehungen zwischen Wertschöpfungspartnern, Wertschöpfungsleistungen (z. B. Produktionsschritte und Logistikaktivitäten) und den Produktbestandteilen. Erst durch deren Kombination kann im Fall von Mass Customization die eingeschränkte Betrachtung auf die Kundenschnittstelle (Konfiguration als Auswahl von Produktoptionen) durch ein durchgängiges, mehrstufiges Wertschöpfungssystem für kundenindividuelle Produkte ersetzt werden.

Betrachtet man die Formen der Kundenintegration hinsichtlich des Prozesses der Informationserhebung, so lässt sich der pauschal verwendete Begriff der „Produktkonfiguration" differenzieren. In Tabelle 2 ist für jede Art der Kundenintegration (vgl. Abbildung 3) die jeweilige Spezifikationsform mit einem Beispiel und die jeweilige Auswirkung auf die Mehrstufigkeit des Wertschöpfungssystems dargestellt. Bei einem „match-to-order" findet eine Produktselektion statt, da aus einem vorgegebenen Angebot einzelne Produkte oder Produktvarianten ausgewählt werden. Im Fall des „bundle-to-order" werden Produkte oder Produktkomponenten kombiniert. Die (kundenneutrale) physische Herstellung der Produkte liegt in beiden Fällen vor dem Auftragseingang, so dass sich die Mehrstufigkeit nicht auf den Spezifizierungsprozess auswirkt. Das „assemble-to-order" und das „made-to-order" entsprechen weitgehend dem bisherigen Verständnis von „Produktkonfiguration", da in beiden Fällen angebotene Produktparameter an die jeweiligen Kundenbedürfnisse angepasst werden können. Der wesentliche Unterschied liegt in der Beschränkung der wählbaren Wertebereiche. Beim „assemble-to-order" wird dieser vordefiniert. Es ist lediglich eine Auswahl bestimmter Werte möglich. Im Gegensatz dazu ist im Fall des „made-to-order" der Freiheitsgrad festgelegt (Produktparameter), die Festlegung des Parameters unterliegt jedoch nicht diskreten Werten. In beiden Formen müssen Individualisierungsinformationen ausgetauscht werden, falls individuelle Produktbestandteile beschafft werden. Somit beeinflusst die Mehrstufigkeit die Gestaltung des Wertschöpfungssystems aufgrund des Vorfertigungsgrades und des Zeitpunktes der Individualisierung. Die größte Individualisierbarkeit ist im „engineer-to-order" vorgesehen, da hierbei Kundenanforderungen ermittelt werden, die sich zunächst weniger in Produktparametern als in Leistungsbedürfnissen ausdrücken lassen. Innerhalb einer Anforderungsanalyse müssen diese Informationen zunächst in Individualisierungsparameter übersetzt werden, bevor die

[1] Ansätze zur Erweiterung von Konfigurationssystemen finden sich unter dem Begriff „Toolkits", z. B. in [Hipp00].

Herstellung beginnen kann. Diese Art der Kundenintegration kann auch als kooperative Produktentwicklung bezeichnet werden.

An dieser Stelle werden die Einschränkungen des Begriffs „Konfiguration“ expliziert und für die Verwendung im Zusammenhang mit mehrstufigen Wertschöpfungssystemen erweitert. Im Vordergrund steht hierbei, dass unabhängig von dem gewählten Grad der Kundenintegration ein Vorgang der Informationserhebung notwendig ist. Wird dieser „Konfiguration“ genannt, so ergibt sich an folgenden Stellen ein verkürztes Begriffsverständnis:

- Die Produktindividualisierung kann nur anhand weniger, vordefinierter Parameter vorgenommen werden und
- die Interaktion vollzieht sich nur zwischen Kunde und einem Anbieter, der das Konfigurationssystem bereitstellt; eine Verankerung betriebswirtschaftlicher Informationen findet aber nicht statt.

Aufgrund dieser Einschränkungen wird die Konfiguration nachfolgend im Sinne einer „Spezifikation“ verwendet, die unabhängig von der Art und dem Umfang der Individualisierung den Bedarf nach Informationserhebung zum Ausdruck bringt. Als Konfiguration wird daher weiterhin die Bereitstellung einer Lösung für einen Lösungsraum bezeichnet, jedoch nicht beschränkt auf das Produkt, sondern beispielsweise auch auf das Wertschöpfungssystem („endkundenspezifisch individualisiertes Wertschöpfungssystem“). Wird im weiteren Verlauf der Arbeit der Begriff der Konfiguration verwendet, so reduziert sich die Betrachtung nicht auf die Produktkonfigurierung im engen Sinn (Auswahl von einzelnen Produktparametern), sondern berücksichtigt das gesamte Wertschöpfungssystem, das in Abhängigkeit von der angebotenen Leistung durch den Hersteller, von der kundenbezogenen Spezifikation der Leistung durch den Abnehmer und von der individualisierten Zusammensetzung der Wertschöpfungspartner gebildet wird. Bei der Erstellung von Konfigurationen wird auf der Basis explizierter Produktoptionen eine gültige Produktspezifikation erstellt und eine Instanziierung des Wertschöpfungssystems für einen bestimmten Auftrag vorgenommen.

Art der Kunden-integration	Spezifikationsform	Beispiele	Auswirkungen der Mehrstufigkeit
match-to-order / **locate-to-order**	Produktselektion	**Auswahl eines einzelnen Produktes aus einem vorgegebenen Angebot** (z. B. Produkt Variante 1 oder Produkt Variante 2)	Keine, da Produkte vor Auftragseingang zur Verfügung stehen (ggf. von Unternehmen zugeliefert)
bundle-to-order	Produktkombination	**Auswahl mehrerer eigenständiger Produktteile aus einem vorgegebenen Angebot zu einem Gesamtprodukt** (z. B. Produkt Variante 1 und Zubehör A)	Keine, da Produkte vor Auftragseingang zur Verfügung stehen (ggf. von Unternehmen zugeliefert)
assemble-to-order	Produktkonfiguration	**Vordefinierte Festlegung angebotener Produktparameter** (Enumerative Datentypen, z. B. „1, 2, 3 oder 4“ oder „grün, rot oder gelb“)	Weitergabe der Individualisierungsinformationen in Abhängigkeit von dem Vorfertigungsgrad und dem Zeitpunkt der Individualisierung
made-to-order	Produktkonfiguration	**Freie Festlegung angebotener Produktparameter** (z. B. „Beliebige Farbe aus dem RGB-Farbraum“)	Weitergabe der Individualisierungsinformationen in Abhängigkeit von dem Vorfertigungsgrad und dem Zeitpunkt der Individualisierung
engineer-to-order	Kooperative Produktentwicklung	**Erhebung von Kundenanforderungen** (Anforderungsanalyse, z. B. über bilateralen Dialog)	Anpassung von Produkt- und Wertschöpfungsmodell auf Basis der Kundenanforderungen

Tabelle 2: Formen der Produktspezifikation in Abhängigkeit von der Kundenintegration [in Anlehnung an PiMö02]

3 Institutionenökonomische Analyse als theoretischer Bezugsrahmen der Anforderunganalyse

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme abgeleitet („Requirements Engineering“). Dies erfolgt in der vorliegenden Arbeit mittels einer Analyse auf Basis ökonomischer Theorien. Als theoretisches Fundament wird die Neue Institutionenökonomik mit ihren Teiltheorien „Transaktionskostentheorie“ und „Prinzipal-Agenten-Theorie“ verwendet. Die Ermittlung der Anforderungen ist Voraussetzung für die Entwicklung der Anwendungsarchitektur von Mass Customization Informationssystemen. Als Anforderung („requirement“) im Rahmen der Softwareentwicklung werden Bedingungen an Softwaresysteme und deren Fähigkeiten bezeichnet, die von Nutzern der Software zur Lösung eines bestimmten Problems benötigt werden und dafür dokumentiert wurden [IEEE90, 62]. Es lassen sich mehrere Arten von Anforderungen unterscheiden. Die Literatur differenziert zwischen funktionalen Anforderungen und nicht-funktionalen Anforderungen. Mit funktionalen Anforderungen werden Funktionen von Softwaresystemen oder von Teilsystemen beschrieben, die ausgeführt werden können [IEEE90, 35] und anwendungsbezogene Aufgaben erfüllen. Nicht-funktionale Anforderungen hingegen berücksichtigen beispielsweise implementierungstechnische, organisatorische oder ökonomische Vorgaben für die Entwicklung [IEEE90, 26 und 39; Hofm00, 7f.]. In den nachfolgenden Abschnitten werden die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme ermittelt. Damit fokussiert die Analyse die für die Abwicklung von Mass Customization Aufträgen notwendigen Funktionen von Mass Customization Informationssystemen.
Zunächst werden die vorhandenen ökonomischen Theorien dargestellt, die für die Durchführung der Anforderungsanalyse verwendet werden können (Abschnitt 3.1). Als geeignetes Analyseinstrument wird dabei die Neue Institutionenökonomik identifiziert, die aufgrund der expliziten Berücksichtigung von Informations- und Kommunikationskosten wesentliche Eigenschaften von Mass Customization abbilden kann. Anschließend wird ein Grundmodell eines Mass Customization Wertschöpfungssystems eingeführt (3.2). Im weiteren Verlauf werden unter Verwendung der Transaktionskostentheorie (3.3) und der Prinzipal-Agenten-Theorie (3.4) die Austauschbeziehungen innerhalb des Wertschöpfungssystems analysiert. Die abgeleiteten Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme werden abschließend zusammengefasst dargestellt und funktional spezifiziert (3.5).

3.1 Ausgewählte Theorien

Die Erklärung des Zustandekommens von Unternehmungen als realwirtschaftliche Ausprägungen ökonomischer Systeme ist in der Wissenschaft Gegenstand unterschiedlicher Theorieansätze. Die theoriebasierte Analyse in dieser Arbeit hat zum Ziel, die sich aus der betrieblichen Umsetzung der Strategie Mass Customization ergebenden Anforderungen an Informationssysteme zu ermitteln. Dafür werden im weiteren Verlauf die zur Verfügung stehenden

Theorien kurz dargestellt und auf ihre Eignung für die Analyse untersucht. Im Zeitverlauf hat sich dabei eine Vielzahl ökonomischer Theorien entwickelt. Berücksichtigt werden in dieser Arbeit die *markttheoretische Klassik und Neoklassik* und die *Neue Institutionenökonomik* mit ihren Teiltheorien *Transaktionskostentheorie* („Transaction Cost Economics“), *Theorie der Verfügungsrechte* („Property Rights Theory“), *Agenturtheorie* bzw. *Prinzipal-Agenten-Theorie* („Agency Theory“) sowie *Informationsökonomie*. Anschließend werden die Industrieökonomik („market-based view“) und der ressourcenbasierte Ansatz („resource-based view“) dargestellt. Nach jedem Abschnitt wird eine Bewertung hinsichtlich der Eignung der Theorie für die Analyse der an Mass Customization zu stellenden Entwurfsanforderungen vorgenommen.

3.1.1 Markttheoretische Klassik und Neoklassik

Vertreter der Klassik sehen im Mittelpunkt ihrer Ansätze die Bedingungen einer freien Wirtschaftsordnung, die auf Tauschprozessen basiert [Scha93, 4170]. Zu den Prämissen der Theorie gehören Vertragsfreiheit, rationale Interessenswahrung und Marktmechanismen. Diese führen zu Gleichgewichtspreisen, wobei aufgrund einer „unsichtbaren Hand“ [vgl. Scha93, 1471] auch ohne zentrale Koordination wohlfahrtsmaximale Situationen erreicht werden können [Scha93, 4170-4171]. Als Hauptvertreter gilt Adam Smith [Smit74], der in seinen Werken vor allem Koordinationsprobleme zwischen Akteuren von Austauschprozessen betrachtet. Smith beschreibt die potentiellen Effizienzsteigerungen durch Arbeitsteilung und Spezialisierung, ohne jedoch den Vorgang der dafür notwendigen Umstrukturierungen zu diskutieren. Unternehmen sind somit notwendige Bestandteile der Austauschprozesse. Sie werden jedoch nicht als eigenständiger Betrachtungsgegenstand aufgefasst [Scha93, 4171]. In diesem Zusammenhang sind auch die Begriffe „stilisiertes Unternehmen“ und „stilisierter Akteur“ entstanden, welche die Entfernung dieser modellhaften Begriffe von der Realität widerspiegeln [Scha93, 4169 und 4171].

Im Rahmen der neoklassischen Entwicklung wurde der Marktmechanismus als Koordinationsinstrument für individuelle Entscheidungen um formale Konzepte ergänzt. Einerseits wurde die Haushaltstheorie entwickelt, um ausgehend von Nutzenfunktionen die Nachfrage auf Märkten zu analysieren. Andererseits entstand die Unternehmenstheorie, welche die Angebotsseite abbildet und Unternehmen auf Produktionsfunktionen und optimale Faktorkombinationen reduziert [Scha93, 4172]. Die neoklassische Markttheorie betrachtet hierbei die Bedingungen, unter denen Gleichgewichtspreise auftreten. Wie sich diese jedoch einstellen, d. h. der Vorgang dessen, bleibt unberücksichtigt [Scha95, 520-521; Scha96, 345]. Die neoklassische Markttheorie bzw. das Konzept des vollkommenen Marktes fußt dabei auf folgenden Annahmen [z. B. Clar23 und Clem51]:

- Homogenität der Güter,
- keine persönlichen, räumlichen oder zeitlichen Präferenzen bei Produktangebot und -nachfrage,
- vollkommene Markttransparenz,
- kostenloser marktlicher Preismechanismus,
- Konzentration auf den Preismechanismus (Koordinationskosten existieren nicht).

Damit werden Unternehmen auf ihre Funktion als „Optimierungsmaschine“ [Scha93, 4172] reduziert. Kennen Unternehmen ihre Produktionsfunktion, wurde als Ziel die Gewinnmaximierung festgelegt und sind die o. g. Voraussetzungen vollkommener Märkte erfüllt, so besteht aus Sicht der Markttheoretiker keine Notwendigkeit zur Betrachtung interner Prozesse [Scha93, 4172; Arro69]. Kosten für die Koordination von Transaktionen werden nicht berücksichtigt.

Die Klassik und Neoklassik eignen sich mit dem marktlichen Grundmodell grundsätzlich für eine Analyse von Wertschöpfungssystemen. Die Ausrichtung auf bilaterale Beziehungen lässt sich mit dem Bestreben nach Modellvereinfachung begründen. Sie liegt bei mehreren Ansätzen vor und kann mittels Modellerweiterung beseitigt werden. Allerdings stehen bereits die Grundannahmen von Klassik und Neoklassik konfliktär zu den Merkmalen von Mass Customization. So trifft die Homogenität von Gütern ausdrücklich nicht zu und die Individualisierbarkeit von Produkten verursacht Präferenzen gegenüber Produkten und Unternehmen. Für die Analyse von Mass Customization Wertschöpfungssystemen dieser Arbeit sind die klassischen und neoklassischen Ansätze deshalb ungeeignet.

3.1.2 Neue Institutionenökonomik

Im Zentrum der Neuen Institutionenökonomik stehen die Analyse von Institutionen, die zwischen ihnen stattfindenden ökonomischen Austauschbeziehungen und die dadurch induzierten Kostenwirkungen. Die sich ergänzenden und zum Teil überschneidenden Ansätze sind hierbei die Theorie der Verfügungsrechte („Property Rights Theory“), die Agenturtheorie bzw. Prinzipal-Agenten-Theorie („Agency Theory“) und die Transaktionskostentheorie („Transaction Cost Economics“). Den nachfolgenden Ausführungen wird außerdem eine Darstellung der Theorie der Informationsökonomik vorangesetzt.

3.1.2.1 Informationsökonomik

Die *Informationsökonomik* untersucht Unsicherheiten auf Märkten, die aufgrund von asymmetrischen Informationsverteilungen zwischen den Marktteilnehmern entstehen [Kaas95a, 972]. Akerlof kam beispielsweise zu der Erkenntnis, dass sich Unsicherheiten hinsichtlich der Qualitätseigenschaften von Produkten negativ auf das Marktverhalten auswirken können. Kunden können die Qualität nicht beurteilen und weisen daher eine gesenkte Zahlungsbereitschaft auf [Aker70, 488 und 500]. Mit der Grundannahme unvollkommener Informationen

grenzt sich die Informationsökonomik vom Ansatz der Neoklassik ab und lässt sich der Neuen Institutionenökonomik zuordnen. In der Literatur hat die Informationsökonomik entweder als Bestandteil der Neuen Institutionenökonomik Einzug gefunden [Kaas95a, 973; Jäge04, 37] oder sie gilt als gedankliches Fundament für deren Teiltheorien (s. nachfolgende Abschnitte). Die Bewertung der Unsicherheiten von Leistungsangeboten innerhalb von ökonomischen Austauschsystemen kann anhand des „informationsökonomischen Dreiecks“ vorgenommen werden. Darin werden Such-, Erfahrungs- und Vertrauenseigenschaften unterschieden [WeAd95, 99]. *Sucheigenschaften* können vor einem Kauf zu geringen Kosten ermittelt werden (z. B. Produktfarbe). Die damit verbundene Unsicherheit lässt sich durch Recherchen reduzieren. *Erfahrungseigenschaften* sind Kunden ex post bekannt, d. h. während oder nach dem Kauf (z. B. Produktlebensdauer). Diese wirken sich auf die rückwirkende Beurteilung des Kaufs und die Motivation für Wiederholungskäufe aus. *Vertrauenseigenschaften* schließlich lassen sich weder vor noch nach dem Kauf beurteilen (z. B. nachträglich nicht überprüfbare Qualitätsmerkmale) [Kaas95a, 975].

Eine Systematik für Güter und Leistungen auf Basis informationsökonomischer Kriterien kann [PiRW03, 356] entnommen werden. Individualisierte Leistungen weisen Unsicherheiten für Anbieter und Nachfrager auf; die Anwendbarkeit der Informationsökonomik ist daher gegeben. Die Unsicherheit tritt in zweifacher Form auf. Es existiert einerseits die Unsicherheit über die Produkteigenschaften (Qualitätsunsicherheit), andererseits besteht eine Unsicherheit hinsichtlich des Leistungsverhaltens der Austauschpartner (Verhaltensunsicherheit) [nach Jäge04, 39; vgl. dazu Schn97, 86].

3.1.2.2 Transaktionskostentheorie

Die *Transaktionskostentheorie* untersucht die Ausführung von Transaktionen und deren Effizienz unter bestimmten institutionellen Rahmenbedingungen. Der Ansatz geht auf die Arbeiten von Coase [Coas37; Coas60] und Williamson [Will75; Will85] zurück und wurde vielfach weiterentwickelt [vgl. Pico93 und Schm92]. Betrachtungsgegenstand der Transaktionskostentheorie sind Transaktionen, die als Austauschbeziehung zwischen ökonomischen Einheiten aufgefasst werden, und die mit der Transaktion verbundenen Kostenwirkungen. Der wesentliche Beitrag der Transaktionskostentheorie besteht darin, eine kostenmäßige Bewertung von Transaktionen in unterschiedlichen institutionellen Rahmenbedingungen vorzunehmen. Kosten im Sinne der Transaktionskostentheorie sind weitgehend Informationskosten zur Ausgestaltung und Durchführung einer Transaktion [vgl. Pico82, 270; EbGo99, 225]. Die Höhe der Transaktionskosten wird von drei Merkmalen bestimmt: transaktionsspezifische Investitionen (z. B. aufgrund akteursspezifischer Ausstattung mit Produktionsfaktoren), die Unsicherheit von Transaktionen und die Häufigkeit von Transaktionen [EbGo99, 228].

Neben weiteren, sehr spezifischen Einsatzgebieten lassen sich vor allem zwei grundlegende Ansätze der Transaktionskostentheorie unterscheiden: Als Analyseinstrument untersucht die Transaktionskostentheorie die Kosten in Organisationen und deren institutionelle Regelungen.

Die Allokation von Produktionsfaktoren kann unter Verwendung von Preismechanismen (Markt) oder Weisungsprinzipien (Hierarchie) vorgenommen werden [Neus03, 124]. Obgleich die zahlenmäßige Aufstellung der Transaktionskosten meist ausbleibt, ermöglicht die Transaktionskostentheorie prinzipielle Aussagen über die situationsbezogene Vorteilhaftigkeit bestimmter Markt-Hierarchie-Kombinationen. Verändern sich die Kosten einer Transaktion, so soll mittels Transaktionskostentheorie die nunmehr effizienteste institutionelle Struktur bestimmt werden können. Aufgrund der Ergänzung der unmittelbaren Produktionskosten um die mittelbaren Transaktionskosten bildet die Transaktionskostentheorie im Vergleich zur Neoklassik Unternehmen umfassender ab und berücksichtigt insbesondere auch die Kostenwirkungen der organisatorischen Regelung. Hingegen entwickelt die Transaktionskostentheorie als Gestaltungsinstrument Aussagen darüber, welche institutionelle Struktur bei bestimmten Transaktionen die höchste Effizienz aus Sicht der Kosten aufweist. Die Transaktionskostentheorie wird auch dafür verwendet, Entscheidungen zwischen Selbst- und Fremderstellung von Gütern zu begründen.

3.1.2.3 Theorie der Verfügungsrechte

Gegenstand der *Verfügungsrechtstheorie* ist die „Institution des Verfügungsrechts“ [EbGo99, 200]. Als wesentliche Vertreter gelten Demsetz und Alchian [Dems64, Alch95 und AlDe72]. Verfügungsrechte bestimmen hierbei den rechtlichen Verfügungsrahmen ihrer Inhaber gegenüber Ressourcen. Das Erkenntnisinteresse besteht hierbei sowohl darin, die Wirkungen der Verteilung und Ausgestaltung der Verfügungsrechte von Individuen gegenüber ihrem Verhalten als auch die Entstehung, Verteilung und Veränderung von Verfügungsrechten selbst zu untersuchen [EbGo99, 200]. Die Verfügungsrechte lassen sich hierbei in vier Einzelrechte unterteilen: Das Recht, ein Gut zu nutzen; das Recht, ein Gut zu verändern; das Recht, Erträge aus einem Gut einzubehalten, und das Recht, das Gut zu veräußern [Scha98, 33]. Akteure ökonomischer Systeme werden nach der Verfügungsrechtstheorie bei den gegebenen Rahmenbedingungen die Verteilung von Verfügungsrechten an Ressourcen und deren Nutzung so wählen, dass ihr Nettonutzen maximiert wird. Der Nettonutzen ist nach der Theorie jedoch umso geringer, je weniger Verfügungsrechte ein Akteur gegenüber einer Ressource innehat („Verdünnung der Verfügungsrechte“ [EbGo99, 202]). Weiterhin verringern Transaktionskosten zur Erwerbung, Anpassung und Übertragung von Verfügungsrechten den erzielbaren Nettonutzen.

3.1.2.4 Agenturtheorie (Prinzipal-Agenten-Theorie)

Die *Agenturtheorie* untersucht die vertragliche Gestaltung ökonomischer Austauschbeziehungen, in denen Akteure jeweils als Auftraggeber („Prinzipal“) oder Auftragsnehmer („Agent“) tätig werden. Als wesentliche Vertreter und Begründer der Theorie gelten Berle und Means [BeMe33]. Wesentlicher Betrachtungsgegenstand der Agenturtheorie ist hierbei die Institution des Vertrags [EbGo99, 210]. Unter Ausnutzung des Vorteils, operative Aufgaben delegie-

ren zu können und an Informationsvorsprüngen von Individuen partizipieren zu können, überträgt ein Prinzipal Entscheidungskompetenzen zur Erreichung bestimmter Aufgaben an einen Agenten. Im Vordergrund der Agenturtheorie steht demnach die „*vertragliche Gestaltung der Beziehung zwischen Auftraggeber […] und Auftragnehmer […] unter Bedingungen ungleicher Informationsverteilung und Unsicherheit sowie unter Berücksichtigung der Risikoverteilung*“ [EbGo99, 210, kursive Darstellung gemäß Quelle]. Das Gerüst der Agenturtheorie basiert auf drei Grundannahmen: einem vertragstheoretischen Organisationskonzept, einem Verhaltensmodell, das „individuelle Nutzenmaximierung ungleiche Informationsverteilung, Interessensunterschiede und die Risikoneigung der Akteure betont“ [EbGo99, 211] und auf Agenturkosten als notwendige Voraussetzung für die optimale Gestaltung von Verträgen [EbGo99, 211]. Die Kernaussage der Agenturtheorie besteht darin, dass Prinzipal-Agenten-Beziehungen Probleme aufweisen (insbesondere „hidden information“ als Informationsasymmetrien vor Vertragsabschluss und „hidden action“ als Informationsasymmetrien während der Vertragserfüllung [EbGo99, 213]) und somit ein Bedarf an Koordinationsmechanismen besteht. Mit der Prinzipal-Agenten-Theorie lassen sich die Eigenschaften und Probleme innerhalb derartiger Austauschbeziehungen analysieren und Mechanismen für eine effiziente Gestaltung und zur Vermeidung von Agenturproblemen entwickeln. Zur Anwendung können Anreiz-, Kontroll- und Informationsmechanismen kommen [EbGo99, 214].
Innerhalb der Prinzipal-Agenten-Theorie werden zwei Denkrichtungen unterschieden:

- Normative Agenturtheorie und
- deskriptive bzw. positive Agenturtheorie [Eise89, 59-63; EbGo99, 209].

Die normative Agenturtheorie („principal-agent theory“) fokussiert eine entscheidungslogisch-formale Darstellung einer optimalen Vertragsgestaltung. Umweltbedingungen (z. B. Situation, in der Verträge geschlossen werden) bleiben weitgehend unberücksichtigt. Der Schwerpunkt liegt auf einer quantitativen Analyse der Austauschbeziehung [EbGo99, 209]. Zu den Vertretern der normativen Agenturtheorie gehören z. B. Spence [Spen73] sowie Grossmann und Hart [GrHa83]. Die deskriptive bzw. positive Agenturtheorie („positive agency theory“) hingegen weist einen ausgeprägten Bezug zu den Theorien der Unternehmung und der Organisationstheorie sowie zu empirischen Analysen auf. Zu den Vertretern der positiven Agenturtheorie gehören beispielsweise Berle und Means [BeMe33] sowie Jensen und Meckling [JeMe76].
Die Neue Institutionenökonomik besteht aus den dargestellten Teiltheorien. Wesentliche gemeinsame Merkmale sind beispielsweise die Annahme asymmetrischer Verteilung von Informationen (Basis der Informationsökonomik) und die Kostenrelevanz von Koordinationsaktivitäten von Unternehmen (Basis der Transaktionskostentheorie). Beide Aspekte sind im Rahmen von Mass Customization evident, da die Ermittlung von Kundenwünschen und die Durchführung der Produktindividualisierung gegenseitig Unsicherheiten zwischen Anbieter und Abnehmer der Leistung aufweisen. Außerdem verursacht die Integration des Kunden in den Leistungserstellungsprozess eine Zunahme der Koordinationskosten zwischen den Akteu-

ren des Wertschöpfungssystems. Dennoch lassen sich Einschränkungen in den einzelnen Theorien erkennen. So betrachtet die Transaktionskostentheorie zunächst bilaterale Beziehungen. Transaktionen mit mehr als zwei Akteuren sowie die Kombination mehrerer Transaktionen mit ihren Interdependenzen müssen in Hinblick auf eine realitätsnahe Abbildung von Wertschöpfungssystemen berücksichtigt werden. Außerdem gilt die Operationalisierung von Transaktionskosten als unterentwickelt, obwohl diese den zentralen Bestandteil der Transaktionskostentheorie darstellt [Pico82, 270]. Die Neue Institutionenökonomik bietet jedoch Instrumente, die dafür geeignet erscheinen, die Wettbewerbsstrategie Mass Customization erfassen zu können. Anzuführen sind insbesondere die Berücksichtung von Koordinationskosten einer Transaktion (z. B. durch die Integration des Kunden), die Annahme von Informationsasymmetrien zwischen autonom handelnden Akteuren eines Wertschöpfungssystems und die Kontraktgüter-Eigenschaft von Mass Customization Produkten, da die Herstellung des Sachgutes erst nach Auftragseingang beginnen kann. Zur Ableitung der funktionalen Anforderungen ist eine qualitative Analyse notwendig. Damit bleibt die Anwendbarkeit der Neuen Institutionenökonomik für die vorliegende Arbeit trotz der Defizite in der Quantifizierung bestehen.

3.1.3 Industrieökonomik

Der industrieökonomische Ansatz der Organisationstheorie (auch: „Marktbasierter Ansatz" oder „market-based view") beschreibt Maßnahmen zur günstigen Positionierung von Unternehmen in einem Wettbewerbsumfeld aus Branchensicht. Damit gilt dieser Theorieansatz auch als einer der Bezugselemente des Strategischen Managements [Knyp04, 1383-1384]. Zu den wesentlichen Arbeiten gehören beispielsweise das Modell der fünf Wettbewerbskräfte von Porter [Port92, 22] (vgl. Abschnitt 2.1.1) und das Porters Ansatz zugrunde liegende „Structure-Conduct-Performance"-Paradigma (SCP) [Shep97, 5; ScRo90, 4-6]. Der industrieökonomische Ansatz setzt folgende Verhaltens- und Umweltannahmen voraus [BMSW05, 31-32]:

- Branche als *Untersuchungseinheit* (mit Zahl und Größe von konkurrierenden Unternehmen) und die von den Unternehmen realisierten Markt-Produkt-Kombinationen,
- *rationales Handeln* der Beteiligten mit dem Ziel der Realisierung von Monopolrenten,
- *exogene Ressourcenausstattung* und Möglichkeiten zum friktionslosen Erwerb weiterer Ressourcen,
- *Homogenität der Unternehmen* in einer Branche (identische Ressourcenausstattung).

Mit der Analyse von Chancen und Risiken der ökonomisch-technischen Umwelt von Unternehmen [Knyp04, 1384] nimmt der Ansatz eine externe Perspektive zur Beschreibung der Wettbewerbsfähigkeit ein. Damit steht die Modellierung der Unternehmen bzw. deren interne Struktur oder die Einbindung von Unternehmen in Wertschöpfungssysteme nicht im Vordergrund. Kritisch anzumerken sind außerdem die statische Sicht des Ansatzes („Zustandsbe-

trachtung und Momentaufnahmen von Branchenstrukturen [BMSW05, 33]) und die Defizite in der empirischen Überprüfbarkeit [Knyp04, 1384].
Der industrieökonomische Ansatz betrachtet das Unternehmensumfeld und bezieht damit externe Informationen (z. B. über Kunden und konkurrierende Unternehmen) in die Betrachtung ein. Aufgrund der marktlichen Ausrichtung werden außerdem nach empirischer Überprüfung quantitative Aussagen möglich. Die Anwendbarkeit im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird aufgrund des Untersuchungsgegenstandes des Ansatzes eingeschränkt, denn untersucht werden Branchen und nicht einzelne Unternehmen sowie die jeweils dahinter stehenden Wertschöpfungssysteme.

3.1.4 Ressourcenbasierter Ansatz

Im Gegensatz zur umweltbezogenen Analyse des marktbasierten Ansatzes baut der „resource-based view“ auf den Stärken und Schwächen von Unternehmen auf und nimmt damit eine interne Perspektive ein [Knyp04, 1385; Wern84, 171]. Die Vertreter des ressourcenbasierten Ansatzes nehmen an, dass Erfolge und Leistungen von Unternehmen einer Branche auf spezifische Ressourcenausstattung und -merkmale zurückzuführen sind [Bres04, 1270]. Mit der Arbeit von Wernerfelt [Wern84] wurde der Ansatz als Grundlage für das Strategische Management vorbereitet, auch wenn bereits vorher interne Ressourcen Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen waren [vgl. Bres04, 1269]. Die zwei wesentlichen Basisannahmen des ressourcenbasierten Ansatzes sind nach Barney [Barn91, 112] die Ressourcenheterogenität und die Ressourcenimmobilität. Die Heterogenität bezeichnet die unterschiedlichen Ressourcenausstattungen von Unternehmen, welche diese einzigartig machen. Mit Immobilität wird die fehlende Handelbarkeit von bestimmten Ressourcen bezeichnet (insbesondere immaterielle Ressourcen) [Bres04, 1271]. Voraussetzung für den Erfolg von Unternehmen sind hierbei folgende Kriterien [Barn91, 105ff.]:

- Wertstiftender Charakter von Ressourcen,
- Knappheit von Ressourcen,
- Nicht-Imitierbarkeit von Ressourcen,
- Nicht-Substituierbarkeit von Ressourcen.

Die Betrachtungsebene des ressourcenbasierten Ansatzes ist das Unternehmen, der Untersuchungsgegenstand sind jedoch deren Ressourcen. Das unternehmerische Handeln im Sinne dieses Ansatzes ist geprägt von der Erzielung von Renten und dem Aufbau verteidigungsfähiger Wettbewerbsvorteile [BMSW05, 17]. Kritik an dem ressourcenbasierten Ansatz bezieht sich einerseits auf methodische Probleme (z. B. Messbarkeit intangibler Ressourcen wie die Organisationskultur etc.) [Knyp04, 1275] und auf eine inhaltliche Einseitigkeit (Schwerpunkt liegt auf erfolgsgenerierenden Ressourcen bei Vernachlässigung von erfolgsschädigenden Ressourcen und einer Konzentration auf die Angebotsseite aus Sicht von Unternehmen bei Vernachlässigung der Nachfragerseite mit der marktlichen Umwelt) [BMSW05, 30-31].

Der ressourcenbasierte Ansatz betrachtet als Untersuchungsgegenstand die Ressourcen von Unternehmen. Damit ist der Ansatz geeignet, unternehmensspezifische Merkmale (wie die Ressourcenausstattung etc.) in die Analyse von Mass Customization Unternehmen einzubeziehen. So lassen sich Entscheidungen, ob Produkte selbst erstellt oder von Zulieferern bezogenen werden sollen (sog. „Make-Or-Buy"-Entscheidung [Rams79]), außer anhand der Transaktionskostentheorie auch mittels des ressourcenbasierten Ansatzes treffen. Für die Bewertung mehrstufiger, überbetrieblicher Mass Customization Wertschöpfungssysteme sind diese Faktoren jedoch nicht ausreichend und der Untersuchungsgegenstand ist für die Ableitung der Anforderungen unpassend.

3.1.5 Zwischenergebnis

Aufgrund der Merkmale der dargestellten Theorieansätze und der vorgenommenen Bewertung wird im weiteren Verlauf eine institutionenökonomische Analyse unter Verwendung der Teiltheorien Transaktionskostentheorie und Prinzipal-Agenten-Theorie vorgenommen. Die Transaktionskostentheorie ist dafür geeignet, die einzelnen Interaktionen zwischen den Akteuren als Transaktionen innerhalb eines Wertschöpfungssystems zu bewerten. Werden die umweltbezogenen Merkmale der einzelnen Transaktionen betrachtet, so können die Wirkungen auf die Höhe der Transaktionskosten untersucht werden. Dabei interessiert der Einfluss von Mass Customization Informationssystemen auf die Mass Customization spezifischen Transaktionskosten. Die Betrachtung eines Wertschöpfungssystems aus Sicht selbständiger Akteure, die in Austauschbeziehungen zueinander stehen, legt die Analyse aus agenturtheoretischer Sicht nahe. Die Austauschbeziehungen zwischen den Akteuren der Transaktionen werden deshalb aus der Perspektive der Prinzipal-Agenten-Theorie untersucht. Hierbei werden vor allem verhaltensbezogene Merkmale berücksichtigt. Mit dieser zweidimensionalen Analyse werden einerseits die ökonomischen Transaktionen (Objekte) und andererseits die beteiligten Akteure (Subjekte) mit ihren zugeordneten Rollen in die Analyse einbezogen. Bewertet werden jeweils Gründe für das Entstehenden dieser Informationskosten, die Einflussfaktoren auf deren Höhe und Ansätze zur Senkung oder Beseitigung der Kosten. Auf diese Weise lassen sich Mass Customization spezifische funktionale Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme ermitteln.

3.2 Entwicklung eines Mass Customization Wertschöpfungsmodells

3.2.1 Grundmodell

Im weiteren Verlauf wird zunächst ein Grundmodell für ein Mass Customization Wertschöpfungssystems eingeführt, das den Ausgangspunkt für die anschließende Analyse von Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme aus Sicht der Transaktionskostentheorie und der Prinzipal-Agenten-Theorie bildet.

Das exemplarisch betrachtete Wertschöpfungssystem für die Mass Customization ist in Abbildung 28 dargestellt. Alle Akteure übernehmen eine oder mehrere der verfügbaren Rollen und stehen in Austauschbeziehungen zu vor- und nachgelagerten Akteuren. Interaktionen über eine Wertschöpfungsstufe hinweg (z. B. zwischen dem Produzenten und einem Zulieferern der 3. Stufe) sind nicht vorgesehen. Dies gilt auch dann, falls ein Akteur mit einer bestimmten Rolle sowohl direkt als auch über Stufen hinweg agiert. Jede Rolle und jede Interaktion innerhalb des Wertschöpfungssystems hat bestimmte Eigenschaften (z. B. Kompetenzen und Kapazitäten zur Erfüllung der zugeteilten Aufgabe). Die Produktherstellung sowie deren Koordination übernimmt der Produzent, der im Auftrag des MC-Koordinators kundenspezifische Produkte produziert. Am unteren Rand der Abbildung wird das jweilige Resultat einer Austauschbeziehung dargestellt. Ausgangspunkt dabei ist der Kaufwunsch des Kunden, der in einen Vertrag über das individuelle Produkt mündet. In den sich anschließenden Transaktionen, mittels derer die Auftragsabwicklung, die Herstellung und die Zulieferung durchgeführt wird, ist die Materiallogistik immanenter Bestandteil der Rollen. Die Sachgut- und Zulieferlogistik wird im Modell nicht expliziert betrachtet, sondern in die Transaktionen des Produzenten einbezogen. Das dargestellte Modell wurde unter Rückgriff auf die wissenschaftliche Literatur der Betriebswirtschaftslehre erstellt. Ein vergleichbares Modell kann beispielsweise [Heis02, 43] entnommen werden.

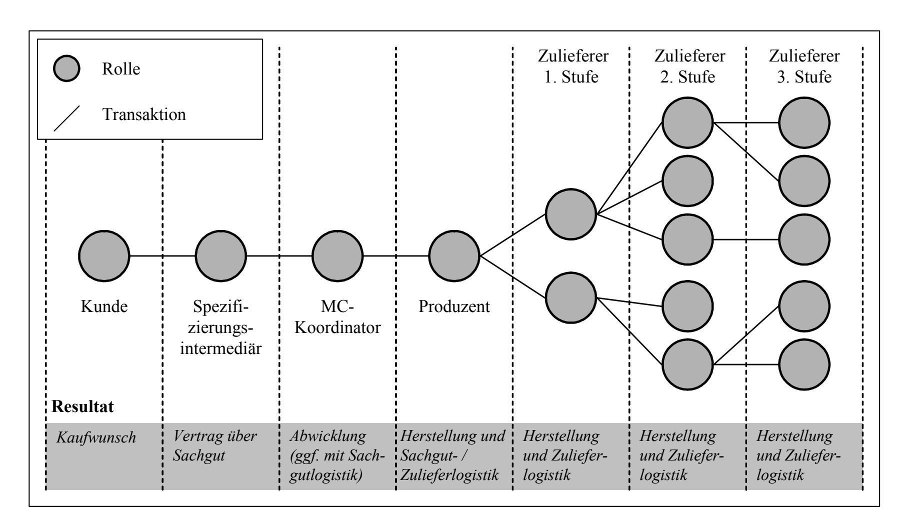


Abbildung 28: Exemplarisches Wertschöpfungssystem Mass Customization

Bei der Modellierung des Mass Customization Wertschöpfungssystems wird eine graphenbasierte Methode verwendet. Hierbei sind die teilnehmenden Personen und Organisationen als Rollen in Form von Knoten (Kreis) dargestellt und Interaktionsbeziehungen zwischen diesen Rollen als ungerichtete Kanten. Die Modellierung des Wertschöpfungssystems setzt voraus,

dass die Produktentwicklung abgeschlossen ist und ein Leistungspotential zur Herstellung von Gütern bereitgestellt wird. Basis dieses Modells eines Mass Customization Wertschöpfungssystems sind dyadische Beziehungen zwischen Kunden und Unternehmen [Müll86, 47]. Damit lässt sich eine allgemeine Kunde-Hersteller-Konstellation beschreiben und das Verständnis des *Kunden* als Abnehmer einer Leistung darstellen. Der Kunde spezifiziert dabei das von ihm gewünschte Produkt in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Individualisierungsparametern. Die Ermittlung der notwendigen Informationen für die Produktanpassung übernimmt ein *Spezifizierungsintermediär*, der als Schnittstelle zwischen einem Kunde und einem Hersteller das auftragsbezogene Produkt spezifiziert. Damit übernimmt der Spezifizierungsintermediär die Aufgabe, zwischen den Anforderungen des Kunden und den möglichen Produkteigenschaften zu vermitteln und geeignete Produktlösungen mit einem großen Nutzen für den Kunden zu erstellen. Der Grad der vertikalen Integration legt dabei fest, ob ein Leistungsanbieter für die vollumfängliche Erbringung der Leistungskomponenten zuständig ist (z. B. Fertigung ab Rohprodukt) oder ob eine Verlagerung von Wertschöpfungsstufen auf vorgelagerte Leistungsstufen vorgenommen wird (z. B. Produktionsabschnitte). Es entstehen Logistik- bzw. Produktionsnetzwerke [Schö00, 9-10]. Damit ergibt sich eine Situation, in der ein Akteur sämtliche Produktionsschritte auf Zulieferer verlagert und somit nicht die Fertigung, sondern die Vermarktung übernimmt. In dem dargestellten Modell wird diese Situation von der Rolle *MC-Koordinator* repräsentiert, der das Leistungsprogramm entwickelt hat und zur Leistungserstellung mit einem *Produzenten* zusammenarbeitet. Ein Produzent arbeitet weiterhin mit *Zulieferern* zusammen, falls nicht alle Produktionsfaktoren direkt vom Produzenten zur Verfügung gestellt werden. Die Aneinanderkettung von Zulieferbeziehungen führt zu mehrstufigen (linearen oder netzwerkartigen) Lieferketten. Das Modell muss daher zuliefernde Akteure auf den verschiedenen vorgelagerten Wertschöpfungsstufen berücksichtigen (*Zulieferer 2. bis n. Stufe*).

3.2.2 Rollen im Mass Customization Wertschöpfungsmodell

Das Wertschöpfungssystem für Mass Customization umfasst, wie bereits dargestellt, abgrenzbare Rollen, die jeweils mindestens einem Akteur des Wertschöpfungssystems zugeordnet sind. Es findet also eine Rollenübernahme bzw. -zuweisung statt. Als Rollen werden hierbei die erwarteten Interaktionsbeziehungen zwischen Positionsinhabern bezeichnet [WuGr80, 129]. Die einzelnen Rollen werden nachfolgend näher erläutert.

- **Kunde:** Der Kunde stellt einerseits den Nachfrager einer Leistung im eigentlichen Sinne dar und äußert somit einen Kaufwunsch. Innerhalb der kundenindividuellen Massenfertigung ist ein Akteur dieser Rolle im Vergleich zum Abnehmer von Massenprodukten aktiver beteiligt, da er die individuellen Anforderungen und Wünsche äußert und hiermit das geforderte Produkt auftragsbezogen spezifiziert. Der Kunde ist Wertschöpfungspartner bzw. „prosumer“[2] [DaMa97, 14; erstmals bei Toff70].
- **Spezifizierungsintermediär:** Der Spezifikationsintermediär ist die Schnittstelle zwischen MC-Koordinator und Kunde. Akteure mit dieser Rolle müssen zur Erhebung der Individualisierungsinformationen beitragen und damit einerseits die gewünschten Kundenanforderungen ermitteln und die Parametrisierung der verfügbaren Produktoptionen vornehmen und andererseits die Validität von angenommenen Produktspezifikationen überprüfen, um die Produzierbarkeit des Gutes sicherzustellen. Ergebnis der Austauschbeziehung mit einem Spezifizierungsintermediär ist ein Vertrag über den Kauf des kundenindividuellen Produktes.
- **MC-Koordinator:** Der MC-Koordinator entwickelt das Leistungsangebot und übernimmt die Gesamtkoordination des Wertschöpfungssystems. Die Hauptaufgaben dieser Rolle sind damit Produktentwicklung, Markenaufbau und Auftragsabwicklung. Damit ist ein Akteur mit dieser Rolle der Initiator eines Mass Customization Wertschöpfungssystems und tritt auf dem Markt als Anbieter auf.
- **Produzent:** Als Produzent übernehmen Akteure mit dieser Rolle für den MC-Koordinator die Koordination der physischen Fertigung der Sachgüter. Je nach Grad der vertikalen Integration des Produzenten werden Fertigungsschritte selber durchgeführt oder an Zulieferer ausgelagert. Der gewählte Vorfertigungsgrad bestimmt außerdem, inwieweit die Sachgüter kundenneutral vorproduziert werden können. Je höher der Vorfertigungsgrad, desto geringer ist der Anteil individueller Produktionsschritte nach Auftragseingang zur Herstellung des Sachgutes. Der Produzent übernimmt zudem die Sachgutlogistik, um die kundenindividuellen Produkte an den Kunden zu liefern.
- **Zulieferer (1. bis n. Stufe):** Die Zulieferer sind Teil eines Produktionsnetzwerkes und versorgen den Produzenten mit Standardkomponenten oder kundenindividuellen Komponenten. Zulieferer arbeiten entweder direkt mit dem Produzenten zusammen (Zulieferer 1. Stufe) oder liefern indirekt über weitere Zulieferer (Zulieferer 2. bis n. Stufe). In dem dargestellten Modell übernehmen die Zulieferer auch die Zulieferlogistik und sind für die Herstellung auftragsbezogener Produktbestandteile verantwortlich.

[2] Engl. Kunstwort aus Produzent (**Pro**ducer) und Konsument (Con**sumer**)

3.3 Transaktionskostentheoretische Analyse der Anforderungen an MC-Informationssysteme

In den folgenden beiden Abschnitten (3.3 und 3.4) werden die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme erhoben. Betrachtet werden dabei die Transaktionen des Mass Customization Wertschöpfungsmodells, die mittels Transaktionskostentheorie untersucht werden, und die daran beteiligten Akteure, die aus Sicht der Prinzipal-Agenten-Theorie analysiert werden. Zunächst erfolgt die Analyse der Transaktionen. Dabei werden die einzelnen Transaktionen hinsichtlich ihrer Implikationen für Mass Customization Informationssysteme untersucht. Dabei werden die auftretenden Transaktionskosten und deren Einflussfaktoren berücksichtigt. Ergebnis des Abschnittes sind transaktionsbezogene Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme. Diese umfassen aus Sicht der Transaktionskostentheorie die institutionelle Ausgestaltung von Transaktionen sowie Ansätze zur Reduzierung von Transaktionskosten durch Veränderung der Einflussfaktoren.

3.3.1 Die Transaktionskostentheorie als Instrument der Anforderungsanalyse

3.3.1.1 Grundkonzepte der Transaktionskostentheorie

3.3.1.1.1 Transaktion

Als Transaktion im Sinne der Transaktionskostentheorie wird ein technischer Vorgang bezeichnet, der die „Übertragung eines Gutes oder einer Leistung über eine technisch trennbare Schnittstelle hinweg“ und die Übertragung von Verfügungsrechten repräsentiert [Will89, 142] (vgl. [RiFu99, 534; BDLW05]). Mit diesem Begriffsverständnis verweist Williamson [Will75, XI und 3; Pico82, 269]) auf die Definition von Commons [Comm31], der als Transaktion jedoch nicht die physische Übergabe von Gütern, sondern vor allem den Erwerb und die Veräußerung von Rechten an den Gütern bezeichnet: „transaction are, not the exchange of commodities, but the alienation and acquisition, between individuals, of the rights of property and liberty created by society, which must therefore be negotiated between the parties concerned before labor can produce, or consumer can consume, or commodities be physically exchanged“ [Comm31, 652; Pico82, 269]. Die Durchführung einer Transaktion ist hierbei nicht auf einen bilateralen Austausch begrenzt. Ouchi definiert eine Transaktion als „economic exchange between two or more parties“ [Ouch80, 130; Pico82, 269] und verweist damit auf Austauschbeziehungen zwischen mehr als zwei Partnern.
Innerhalb des Mass Customization Wertschöpfungssystems sind alle Austauschbeziehungen zwischen Akteuren mit den dargestellten Rollen Transaktionen. Dazu gehören beispielsweise die Interaktionen zwischen einem Kunden und dem Spezifizierungsintermediär oder zwischen dem MC-Koordinator als Anbieter eines Mass Customization Produktes und dem Produzenten. Mass Customization Transaktionen weisen die Besonderheit auf, dass sie je nach Vorfer-

tigungsgrad kundenspezifisch oder unabhängig von einem Einzelauftrag sein können. Das in Abschnitt 3.2.1 eingeführte Modell repräsentiert das mehrstufige überbetriebliche Mass Customization Wertschöpfungssystem.

3.3.1.1.2 Transaktionskosten

Die Literatur zur Transaktionskostentheorie bleibt in der Definition des Transaktionskostenbegriffs ungenau [Pico82, 270; Coas37; Coas60]. Die fehlende Operationalisierung dieses zentralen Bestandteils der Transaktionskostentheorie wird daher häufig auch als Schwäche dieser Theorie bezeichnet [EbGo99, 243]. In der Literatur werden Transaktionskosten (TK) allerdings weitgehend einheitlich als Kosten einer Transaktion bezeichnet [BDLW05, 54; Pico82, 270]. Arrow grenzt dabei die Transaktionskosten von den Produktionskosten dahingehend ab, dass Produktionskosten lediglich von den zur Verfügung stehenden Technologien abhängen (und damit in allen ökonomischen Systemen theoretisch gleich hoch sind), während sich die Transaktionskosten auch durch die Wahl der Ressourcenallokation beeinflussen lassen [Arro69, 60; Pico82, 270]. Nach Ouchi werden alle Aufwendungen, die zur Durchführung einer Transaktion notwendig sind, als Transaktionskosten bezeichnet: „A transaction cost is any activity which is engaged in to satisfy each party to an exchange that the value given and received is in accord with his or her expectations“ [Ouch80, 130]. Gründe für die Entstehung von Transaktionskosten sind auch unvollkommene Informationen über das Verhalten und die Ziele der Austauschpartner. Transaktionskosten lassen sich daher auch als Kommunikationskosten bezeichnen [Pico81, 270; Dahl79, 148; ähnlich bei Malm61, 404; Pico82, 270].
Das Mass Customization Wertschöpfungssystem weist neben den allgemein vorhandenen Transaktionskosten einzelner Transaktionen zudem explizite Informationskosten aufgrund der Produktindividualisierung und der damit verbundenen Informationsverarbeitung auf (Ermittlung der Kundenwünsche, Erstellung von Produktspezifikationen, Weitergabe von Produktspezifikationen an Wertschöpfungspartner etc.). Der kundenbezogene Informationsfluss verursacht Kosten durch die Kundenintegration, der im Gegensatz dazu in einer standardisierten Produktion nicht auftritt. Unvollkommene Informationen als Grund für die Entstehung von Transaktionskosten liegen bei Mass Customization deshalb vor, weil die individualisierten Produkte bei Auftragserteilung noch nicht existieren und von den Kunden somit nicht bewertet werden können. Ebenso ist die produktbezogene Umsetzung der zur Verfügung stehenden Produktparameter unbekannt. Da ein kundenindividuell gefertigtes Produkt meist nur für den jeweiligen Auftraggeber größtmöglichen Nutzen stiftet, besteht zudem eine direkte Abhängigkeit zwischen Kunde und Anbieter. Die Transaktionskosten des Mass Customization Wertschöpfungssystems ergeben sich aus der Zusammenfassung der Kosten aller Einzeltransaktionen, die zur Abwicklung eines Auftrags notwendig sind.
Transaktionskosten umfassen verschiedene Arten von Kosten, die sich anhand von Merkmalen gruppieren lassen. In der Literatur ist eine Vielzahl sich ähnelnder, aber im Detail unterschiedlicher Übersichten von Transaktionskostenarten zu finden (z. B. [Pico82, 270; RiFu99,

59-61]). Dieser Umstand ist u. a. auf die unzureichende Definition von Coase und Williamson zurückzuführen. Transaktionskosten müssen von Transformationskosten abgegrenzt werden, zu denen beispielsweise die Produktionskosten gehören. Transaktionskosten sind Aufwendungen zum Austausch von Verfügungsrechten sowie zum Abschluss von Verträgen und deren Durchsetzung [BDLW05, 54] und werden deshalb auch als Informations- bzw. Kommunikationskosten bezeichnet [vgl. Pico82, 270]. So scheidet eine Zurechnung von Transportkosten zu den Transaktionskosten aus, obwohl Kosten für die räumliche Veränderung bei der Durchführung einer Transaktion anfallen [BDLW05; WaNo86]. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden folgende Arten von Transaktionskosten unterschieden [Pico82, 270; erweitert in PiRW03, 49]:

- Kosten für die Anbahnung,
- Kosten für die Vereinbarung,
- Kosten für die Abwicklung,
- Kosten für die Kontrolle und
- Kosten für die Anpassung von Transaktionen.

Die Kosten für Anbahnung und Vereinbarung werden auch als Ex-ante-Transaktionskosten bezeichnet, da diese vor der Abwicklung bzw. Durchführung der Transaktion entstehen. Analog dazu sind Kontroll- und Anpassungskosten Ex-post-Transaktionskosten, da sie nach der Transaktionsabwicklung entstehen [Will85, 20ff.; Pico99, 117]. Für die Operationalisierung bzw. Monetarisierung der Transaktionskosten existieren kaum geeignete Verfahren (vgl. [Pico82, 271]). Deshalb beschränken sich Untersuchungen oft auf nominale oder ordinale Bewertungen [HePi74, 363ff.; Pico77, 191ff. und 207ff.]. Unter Umständen muss auch auf eine Schätzung zurückgegriffen werden [Cala68, 69; Pico82, 271]. Diesem Umstand kann entnommen werden, dass mittels der Transaktionskostentheorie weniger Aussagen auf Basis konkreter Zahlenwerte als eher über Veränderungstendenzen getroffen werden.

Zur thematischen Abgrenzung ist der Gesamtzusammenhang in Abbildung 29 dargestellt. Die Kosten einer Transaktion zwischen zwei Akteuren setzen sich aus Produktionskosten und Transaktionskosten zusammen. Die Produktionskosten erfassen hierbei den Ressourcenverzehr für die Erstellung von Gütern oder Leistungen [EbGo99, 225]. Als Transaktionskosten werden die Kosten verstanden, die neben dem Wertschöpfungsbestandteil einer Transaktion zusätzlich als Aufwand für Planung und Abwicklung einer Transaktion entstehen [EbGo99, 225]. Fokus der Arbeit ist eine Betrachtung der Transaktionskosten; Veränderungen der Produktionskosten im Rahmen von Mass Customization (z. B. aufgrund geringer Losgrößen und hoher Produktionswechselkosten) werden nicht analysiert.

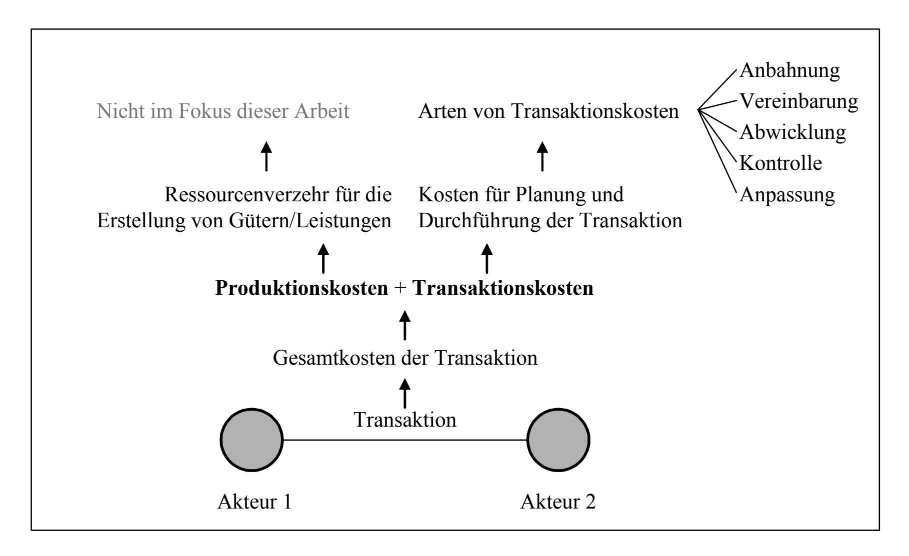


Abbildung 29: Kosten einer Transaktion (Eigene Darstellung)

Jede Transaktion des Mass Customization Wertschöpfungssystems kann alle der genannten Arten von Transaktionskosten aufweisen. So beziehen sich die Ex-ante-Transaktionskosten auf die Auswahl eines Mass Customization Anbieters (Anbahnung) und auf die Ermittlung einer Produktspezifikation (Vereinbarung). Diese sind im Vergleich zur Herstellung standardisierter Produkte höher, da unvollkommene Informationen hinsichtlich der Übereinstimmung von Produkteigenschaften und Kundenwünschen sowie von gewählten Produktparametern und den tatsächlichen Produkteigenschaften vorliegen. Der Umsetzung der Produktindividualisierung innerhalb der Produktion sind Transaktionskosten für die Abwicklung zuzuordnen. Die rückwirkend betrachtete Kontrolle der Transaktionsabwicklung kann einerseits im Rahmen von qualitätssichernden Maßnahmen erfolgen oder wird schließlich vom Kunden durch Benutzung durchgeführt. Kosten für die Kontrolle sind damit wie Kosten für die Anpassung Ex-post-Transaktionskosten. Muss eine Transaktion nachträglich angepasst werden, so kann dies an der Bewertung des Transaktionsergebnisses oder an einer neuen Informationssituation liegen. In beiden Fällen verändern sich die Vorgaben der Transaktion und es können monetäre Ausgleiche oder die erneute Durchführung der Transaktion (gesamt oder einzelne Abschnitte) durchgesetzt werden. Im Fall von Mass Customization kann dies auf ein unzutreffend individualisiertes Produkt zurückgeführt werden.

Da Transaktionskosten auch mit der Bereitstellung und Änderungen von Organisationen bzw. Institutionen verbunden sind [vgl. CeMa98, 1348; BDLW05, 47], werden fixe und variable Transaktionskosten unterschieden. Während die fixen Transaktionskosten bei Errichtung, Bereitstellung oder Veränderung von Institutionen auftreten, entstehen variable Transaktionskosten bei der Nutzung von Institutionen [vgl. BDLW05, 47]. Fixe Transaktionskosten im

Mass Customization Wertschöpfungssystem entstehen bei der Errichtung und Anpassung des Wertschöpfungssystems und des Produktspezifizierungsprozesses. Variable Transaktionskosten entstehen bei der Durchführung der Transaktionen.

3.3.1.1.3 Institution und Formen institutioneller Regelung

Eine Institution kann definiert werden als „eine Gruppe von Arbeits- oder Verfahrensregeln, die festlegen, wer berechtigt ist, Entscheidungen auf einer bestimmten Ebene zu treffen, welche Handlungen erlaubt oder verboten sind, welche Aggregationsregeln zu verwenden, welche Prozeduren einzuhalten, welche Informationen bereitzustellen und welche Auszahlungen den Individuen entsprechend ihrer Handlungen zuzuteilen sind“ [Ostr99, 66]. Nach [RiFu99] ist eine Institution eine Einrichtung, die „die Kosten der Koordination wirtschaftlicher und anderer Aktivitäten“ durch die Reduzierung von Ungewissheit, die Erleichterung von Entscheidungsfindung und die Förderung des Handelns einzelner reduziert [RiFu99, 8].
Der Transaktionskostentheorie liegt ein vertragstheoretisches Verständnis zugrunde. Es werden dabei mehrere Formen institutioneller Regelungen (auch: „Organisationsform“ [Pico82, 270] oder „institutionelles Arrangement“ [EbGo99, 225]) unterschieden. Die Wahl einer bestimmten Form (im Sinne der Festlegung einer Variablen) ist mit Kosten verbunden, so dass eine beliebig lange Aushandlung oder Festlegung ökonomisch nicht sinnvoll ist [Pico82, 270]. Williamson differenziert zwischen drei Formen von Vertragsbeziehungen [Will85; EbGo99, 231ff.]:

- Klassische Verträge,
- neoklassische Verträge und
- relationale Vertragsbeziehungen.

Dem *klassischen Vertrag* entspricht die Organisationsform „Markt“, auf dem kurze Vertragsbeziehungen eingegangen werden und die Vertragsgegenstände sowie die Konditionen des Austausches präzise bestimmt sind. Alle eingegangenen Verpflichtungen sind in der einzelnen Transaktion spezifiziert. Der Kaufvertrag gilt als typisches Beispiel eines klassischen Vertrages. *Neoklassische Verträge* verzichten auf eine vollständige und präzise Spezifizierung aller Transaktionsbestandteile. Es bleibt ein vertraglicher Anpassungsbedarf, der zu einer Aufnahme von Anpassungs- und Absicherungsregelungen in den Verträgen führt. Eine Transaktion auf Basis eines neoklassischen Vertrags umfasst demnach nicht nur die operative Ausführung des Vertrages, sondern auch weitere Kommunikations- und Koordinationsprozesse zwischen den Austauschpartnern. Beispiele für neoklassische Vertragsbeziehungen sind langfristige Lieferverträge oder Formen überbetrieblicher Kooperation (wie z. B. Joint Venture oder Franchising) [Will85, 74f. und 326f.; EbGo99, 231]. Williamson bezeichnet Ausprägungen von neoklassischen Verträgen auch als eine hybride Form von institutionellen Arrangements [Will85, 74f., 326f.; EbGo99, 231]. *Relationale Verträge* schließlich weisen eine maximale Offenheit in der Definition des Leistungsaustauschprozesses vor deren Durchfüh-

rung auf. Diese Form entspricht dem institutionellen Arrangement „Hierarchie“ und wird auch als Organisation per se bezeichnet. Relationale Verträge sind auf lange Zeit abgeschlossen (häufig unbefristet) und beinhalten komplexe Austausch- und Sozialbeziehungen [EbGo99, 231].

Die Aussagen der Transaktionskostentheorie hinsichtlich der institutionellen Ausgestaltung von Transaktionen lassen sich auf das Mass Customization Wertschöpfungssystem übertragen. So müssen für jede Transaktion die Transaktionskosten ermittelt und bewertet werden. Anschließend kann für jede Transaktion die effiziente Organisationsform bestimmt werden. Dies impliziert, dass innerhalb des Wertschöpfungssystems nicht ausschließlich eine bestimmte institutionelle Regelung gewählt wird. So kann beispielsweise die Transaktion zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär über (elektronische) Märkte abgewickelt werden, während die Vergabe von Produktionsaufträgen zwischen MC-Koordinator und Produzent über neoklassische Vertragsbeziehungen erfolgt. Bei der Wahl bestimmter Organisationsformen muss beachtet werden, dass auch der Wechsel bestimmter institutioneller Regelungen Transaktionskosten verursacht (z. B. im Rahmen einer Reduzierung der vertikalen Integration bei der Beschaffung von Mass Customization Produktbestandteilen zugunsten marktlicher Beziehungen).

3.3.1.1.4 Effizienzkriterium

Da die Transaktionskostentheorie einen Erklärungsansatz für die Effizienz bestimmter institutioneller Arrangements bei einem gegebenen Bündel von Transaktionskosten anbietet, muss das Effizienzkriterium präzisiert werden. Ausgangspunkt ist der „möglichst sparsame Einsatz knapper Ressourcen“ [EbGo99, 225f.]. Ein Ressourcenverzehr entsteht hierbei einerseits bei der Güter- oder Leistungserstellung (Produktionskosten) und andererseits bei der Durchführung des Austausches (Transaktionskosten). Effizienzkriterium im Sinne der Transaktionskostentheorie ist demnach die „Summe der jeweils anfallenden Produktionskosten und Transaktionskosten“ [Will85, 22; EbGo99, 225f.]. Effizienz im Sinne der Transaktionskostentheorie ist erreicht, wenn Transaktionen in bestimmten institutionellen Arrangements transaktionskostenminimal durchgeführt werden. Demzufolge ist das Erreichen des Effizienzkriteriums sowohl von den Bestimmungsfaktoren der Transaktionskosten als auch von der gewählten organisatorischen Regelung abhängig.

Auch für das Mass Customization Wertschöpfungssystem trifft das Effizienzkriterium zu, so dass Effizienz erreicht ist, wenn – ohne Berücksichtigung der Produktionskosten – möglichst wenige Transaktionskosten anfallen. Die Vermeidung von Transaktionskosten umfasst dabei auch die Reduzierung von zusätzlichen Mass Customization spezifischen Kosten wie z. B. bei der Ermittlung von Kundenwünschen für jeden Auftrag einzeln, bei der Erstellung von Produktspezifikationen und bei der Weitergabe von Produktspezifikationen. Ansatzpunkte sind dabei die Einflussfaktoren auf die Höhe der Transaktionskosten, die nachfolgend dargestellt werden.

3.3.1.2 Das „Operational Failure Framework“ nach Williamson als Analyseinstrument

Ein Modell zur Beschreibung der Einflussfaktoren sowie der Wirkungszusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und der Höhe der Transaktionskosten wurde von Williamson entwickelt. Das *Organizational Failure Framework* (OFF) [Will75, 20ff.] enthält als Einflussparameter auf die Transaktionskosten Human- und Umweltfaktoren sowie die Eigenschaften der Atmosphäre, innerhalb derer Transaktionen abgewickelt werden (Tabelle 3). Auswirkungen auf die Höhe von Transaktionskosten werden dabei aufgrund der Defizite in der Quantifizierung indirekt über die jeweiligen Einflussfaktoren beschrieben.

Humanfaktoren	**Umweltfaktoren**	**Transaktionsatmosphäre**
▪ Begrenzte Rationalität ▪ Opportunismus ▪ Risikoneutralität	▪ Spezifität ▪ Unsicherheit ▪ Häufigkeit	▪ Sozio-kulturelle und rechtliche Rahmenbedingungen ▪ Technologische Rahmenbedingungen

Tabelle 3: Einflussfaktoren auf die Höhe von Transaktionskosten [in Anlehnung an EbGo99, 226-227 und Pico82, 271]

3.3.1.2.1 Humanfaktoren

Die Transaktionskostentheorie unterstellt drei Verhaltensannahmen, die als *Humanfaktoren* die Höhe von Transaktionskosten beeinflussen: Begrenzte Rationalität, Opportunismus und Risikoneutralität. Transaktionspartner zielen darauf ab, in ihrem Handeln nur sachlogische Gesichtpunkte zu berücksichtigen. Aufgrund unvollkommener Informationen und einer begrenzten Fähigkeit zur Informationsverarbeitung basieren die Ergebnisse jedoch meist nur zum Teil auf einer rationalen Handlungsweise. Dies wird auch als *begrenzte Rationalität* bezeichnet und nimmt Bezug zur verhaltenswissenschaftlichen Entscheidungstheorie [vgl. BeBe99, 142]. Hinsichtlich des Mass Customization Wertschöpfungssystems wirkt sich die begrenzte Rationalität der Akteure insbesondere in der Produktspezifizierung aus. Dort liegen unvollkommene Informationen über das individualisierte Produkt und über die Individualisierungsparameter vor. Aufgrund vielfältiger Anpassungsmöglichkeiten besteht nur eine eingeschränkte Möglichkeit, die Informationsverarbeitung innerhalb des Prozesses der Produktspezifizierung vollständig zu erfassen. Es tritt somit die Gefahr auf, dass Kunden entweder Produktanpassungen vornehmen, die nicht ihren eigentlichen Bedürfnissen entsprechen (notwendige Parameter werden nicht gesetzt oder nicht notwendige Parameter werden gesetzt).

Liegt bei Transaktionspartnern *Opportunismus* vor, so wird von einer verstärkten Form des eigennützlichen Interesses ausgegangen. Das Ziel der subjektiv besten Gestaltung von Aus-

tauschbeziehungen verfolgen die Akteure demnach auch unter Inkaufnahme von Handlungen, die andere Transaktionspartner schädigen (z. B. Informationsverfälschung oder -zurückhaltung). Um den operativen Auswirkungen dieser beiden genannten Verhaltensannahmen begegnen zu können, formuliert Williamson eine Handlungsmaxime: Transaktionen sind so zu organisieren, dass die begrenzte Rationalität des eigenen Handelns möglichst wenig Kosten verursacht und zugleich ein Schutz vor den Konsequenzen opportunistischen Handelns der Transaktionspartner besteht [Will85, 32; vgl. EbGo99, 226f.]. Auch für Mass Customization besteht die Gefahr des opportunistischen Verhaltens, um die Ausgestaltung der Transaktion an die individuellen Ziele von Akteuren anzupassen. So kann ein Spezifizierungsintermediär die Auswahl günstiger Produktbestandteilsvarianten fördern, obwohl diese nicht den Anforderungen der Kunden entsprechen. Auch ein Zulieferer kann durch Standardisierung Produktbestandteile vereinheitlichen, auch wenn der Kundenauftrag den Bezug einer individuellen Komponente erfordert.

Eine dritte Verhaltensannahme unterstellt *Risikoneutralität*. Die Annahme des risikoneutralen Verhaltens muss vor allem methodisch begründet werden. Sie entspricht nicht der Realität und stellt damit eine Modelleinschränkung im Vergleich zur Realwelt dar. Dieses Vorgehen ermöglicht jedoch eine vereinfachte Argumentation und präzisere Diskussion der Hauptthesen der Transaktionskostentheorie (vgl. [EbGo99, 226f.]). Risikoneutralität kann bei Mass Customization angenommen werden, falls sich Kunden trotz der vorhandenen Unsicherheit hinsichtlich des Produktes (Nicht-Erfüllung des Auftrags, fehlerhafte Produktindividualisierung etc.) bei einem identischen Produktangebot für das Mass Customization Produkt und nicht das massenhaft hergestellte Produkt ab Lager entscheiden. Gründe hierfür sind die Einbindung des Kunden in den Individualisierungsprozess, die damit entstehende langfristige Geschäftsbeziehung zu dem Unternehmen und die Identifikation des Kunden mit dem Produkt. Eine ausführliche Diskussion zur Annahme der Risikoneutralität kann [Will85, 388ff.] entnommen werden.

3.3.1.2.2 Umweltfaktoren

Zu den *Umweltfaktoren* gehören Spezifität, Unsicherheit und Häufigkeit von Transaktionen [Will85, 52ff.]. Unter der *Spezifität* einer Transaktion versteht man das Maß an Nutzenabweichung, falls ein anderer als der ursprünglich vorgesehene Transaktionspartner diese Leistung erhält. Je spezifischer eine Transaktion ist, desto geringer ist der Nutzen für alternative Leistungsempfänger. Neben der Spezifität einer einzelnen Transaktion steht auch die spezifische Investition für eine bestimmte Transaktion im Vordergrund. Hierbei lassen sich unterschiedliche Formen von Investitionsspezifitäten unterscheiden:

1. Standortspezifität (z. B. geografische Lage von Wertschöpfungspartnern),
2. Anlagenspezifität (z. B. Fertigungsmaschinen),
3. Humankapitalspezifität (z. B. spezifisch ausgebildete Mitarbeiter von Wertschöpfungspartnern),
4. Kundenspezifität (z. B. kundenindividuelle Produkte),
5. Unternehmenswert bzw. Reputation (z. B. Glaubwürdigkeit eines Unternehmens für bestimmte Produktarten),
6. Terminspezifität (z. B. Lieferfristen) [Will91, 281].

Für Mass Customization Wertschöpfungssysteme bedeutsam sind insbesondere die Anlagen- und die Kundenspezifität. Spezifische Investitionen in technische Anlagen (z. B. Fertigungssysteme oder Systeme zur Unterstützung der Produktspezifizierung) bewirken die Abhängigkeit von Unternehmen oder ganzen Wertschöpfungssystemen in Hinblick auf die Veränderbarkeit der herzustellenden Produkte. Je spezifischer beispielsweise eine Fertigungsmaschine ist, desto eher sind Kostensenkungspotenziale in der Produktion zu erzielen. Die Individualisierbarkeit der Produkte nimmt jedoch dabei ab. Die Vermeidung von Anlagenspezifität kann somit bewirken, dass die Weiterentwicklung von Mass Customization Wertschöpfungssystemen begünstigt wird, da weitere Produktparameter individualisiert werden können oder neue weitere Parameterwerte zur Verfügung stehen. Auch die Wahl des Vorfertigungsgrades kann durch die Anlagenspezifität beeinflusst werden. Produkte lassen sich aus Sicht des Kunden umso umfassender individualisieren, je weniger Produktbestandteile bereits vor der Auftragserteilung hergestellt wurden. Ein geringer Vorfertigungsgrad kann damit bewirken, dass spezifische Investitionen in Anlagen vermieden werden. Neben der Anlagenspezifität ist die Kundenspezifität evident für Mass Customization Wertschöpfungssysteme. Es ist grundlegender Bestandteil der Strategie, dass Aufträge kundenspezifisch abgewickelt werden. Somit haben einzelne Aufträge einen direkten Bezug zu dem einzelnen Kunden. Es ist davon auszugehen, dass ein individualisiertes Produkt nur dem auftraggebenden Kunden den größtmöglichen Nutzen stiftet. Für einen anderen Kunden ist das Produkt von geringerem Nutzen und seine Zahlungsbereitschaft wird entsprechend sinken. Kundenspezifität ist aus Sicht von Unternehmen, die Mass Customization Produkte herstellen, mit Risiko verbunden, da keine alternativen Absatzmöglichkeiten vorliegen. Diese Form der Spezifität ist jedoch konstituierendes Merkmal von Mass Customization und kann nicht vermieden werden. Für Unternehmen besteht jedoch die Möglichkeit, die interne Variabilität zu senken und gleichzeitig die externe Variabilität zu steigern. So erhalten Kunden subjektiv spezifische Produkte. Die Fertigung ist jedoch weitgehend unspezifisch. Eng verbunden mit der Spezifität ist die strategische Bedeutung einer Transaktion. Strategisch bedeutsame Transaktionen sind meist hochspezifisch, da diese einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Mitbewerbern ermöglichen. Allerdings ist eine vorteilhafte Auswirkung nur dann zu erzielen, wenn spezifische Transaktionen auch tatsächlich zur Differenzierung auf Märkten führen [Pico99, 120]. Die Bewertung des Faktors Spezi-

fität erfordert eine dialektische Betrachtung. Einerseits lassen sich mit transaktionsspezifischen Investitionen mittels Spezialisierungsvorteilen Produktionskosten senken (vgl. [EbGo99, 228]), andererseits verursachen diese Investitionen eine Abhängigkeit zwischen Transaktionspartnern und erschweren den Wechsel zu anderen Austauschbeziehungen. Da die Spezifität als Einflussfaktor auf die Höhe der Transaktionskosten nicht zwangsläufig konstant bleibt, ist im Laufe von Austauschbeziehungen eine Veränderung dieses Faktors möglich. Wird eine ex ante unspezifische Transaktion ex post zu einer spezifischen Leistung, so spricht Williamson von einer *fundamentalen Transformation* [Will90, 70-72; Will91, 281]. *Transaktionsspezifische Investitionen* können also aufgrund von Spezialisierungsvorteilen Produktionskosten senken. Die Transaktionskosten steigen jedoch an, falls Transaktionen nicht wie geplant stattfinden können und die Austauschpartner bereits in einer Abhängigkeit zueinander stehen. Dies verursacht Erlöseinbußen (z. B. aufgrund eines geringeren Erlöses der nächst besten Transaktionsausführung) und Mehrkosten (z. B. Kosten für Vereinbarung alternativer Austauschbeziehungen) [EbGo99, 228ff.]. Die Transaktionspartner haben somit Interesse an langfristigen Austauschbeziehungen oder Maßnahmen zur Reduzierung der Transaktionsspezifität. Gleichzeitig nimmt die Gefahr von opportunistischem Verhalten zu, da die Neigung zur einseitig positiven Beeinflussung der Transaktion durch einen Austauschpartner aufgrund einer fehlenden Konkurrenzsituation und die starke Abhängigkeit steigt.

Die Höhe der Transaktionskosten wächst mit zunehmender Spezifität der Transaktion bzw. der notwendigen transaktionsspezifischen Investitionen. Ob eine Transaktion kostenminimal durchgeführt wird, hängt schließlich von der gewählten organisatorischen Regelung ab. Transaktionen mit geringer Spezifität können über Märkte ($S < S_1$), Transaktionen mit hoher Spezifität über hierarchische Beziehungen ($S > S_2$) transaktionskostenminimal durchgeführt werden (Abbildung 30). Bei mittlerer Spezifität kommen hybride Organisationsformen zur Anwendung ($S_1 < S < S_2$).

Die Auswirkung des Umweltfaktors Spezifität muss für jede Transaktion des Mass Customization Wertschöpfungssystems einzeln betrachtet werden. So wirkt sich die Kundenspezifität insbesondere auf die Schnittstelle zwischen Kunden und Spezifizierungsintermediär sowie zwischen Spezifizierungsintermediär und MC-Koordinator aus. Dort werden die Kundenanforderungen ermittelt und das Produkt spezifiziert. Der MC-Koordinator als Anbieter des MC-Produktes geht die Verpflichtung ein, das gewünschte Produkt herzustellen. Dabei muss er jedoch sicherstellen, dass das kundenspezifische Produkt auch vom Kunden abgenommen wird. Die Anlagenspezifität hingegen spielt bei der Transaktion zwischen MC-Koordinator und Produzent eine große Rolle. Der Produzent übernimmt die Fertigung des MC-Produktes und setzt dabei Fertigungsanlagen ein, die einerseits eine kostenminimale Produktion erlauben und andererseits an die auftragsbezogenen Produktspezifikationen angepasst werden können. In Abhängigkeit von der Spezifität kann für jede Transaktion eine geeignete institutionelle Regelung gewählt werden. Existieren hohe spezifische Investitionen, so ermöglicht die hierarchische Organisationsform geringe Transaktionskosten. Da sich der Grad der Spezifität in

Abhängigkeit von der Zeit verändern kann, lassen sich auch im Mass Customization Wertschöpfungsnetzwerk fundamentale Transformationen erkennen. So agiert der Spezifizierungsintermediär mit der Möglichkeit, Produktspezifikationen nach Kundenwunsch zu erstellen, zunächst unspezifisch. Die Transaktion wird jedoch nach Abschluss der Produktspezifizierung und nach Auftragseingang spezifisch für einen bestimmten Kunden. Dies verursacht eine Zunahme an Transaktionskosten aufgrund erhöhter Spezifität. Die erhöhte Spezifität einzelner Transaktionen führt auch zu einer verstärkten Auswirkung opportunistischen Verhaltens. Unter der Annahme, dass jede Rolle von genau einem Akteur angenommen wird und eine marktliche Organisationsform vorliegt, sind zwar geringe Abhängigkeitsverhältnisse im Sinne langfristiger Austauschbeziehungen vorhanden, allerdings können hohe Quasi-Renten entstehen, falls individuelle Produkte und Komponenten gefertigt werden. Denn Produkte lassen sich allenfalls nur mit großen Wertabschlägen für andere Aufträge verwenden.

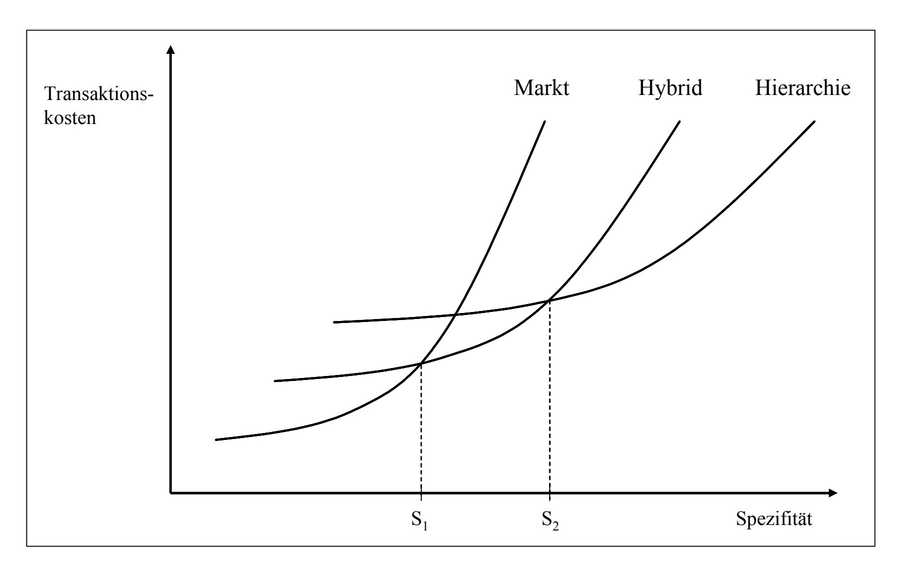


Abbildung 30: Höhe der Transaktionskosten in Abhängigkeit von der Spezifität [in Anlehnung an PiRW03 und Will91, 284]

Ein zweiter Umweltfaktor ist die *Unsicherheit* von Transaktionen. Erhöhte Unsicherheit innerhalb der Umwelt und im Verhalten führt zu steigenden Transaktionskosten. Die Wirkung der Umweltunsicherheit lässt sich damit begründen, dass entweder vor der Transaktion die möglichen Auswirkungen der Umwelteinflüsse vertraglich geregelt werden (insbesondere hohe Vereinbarungskosten) oder nachträglich eine Anpassung der bisherigen Vereinbarungen vorgenommen wird (insbesondere hohe Anpassungskosten). Die Unsicherheit im Verhalten ergibt sich aus der Verhaltensannahme des opportunistischen Verhaltens und bezieht sich darauf, inwieweit ein Transaktionspartner die vereinbarten Leistungen potentiell erfüllen kann

[HaHo87], zukünftig erfüllen wird [Will85; FaJe83a; FaJe83b; Hols79] und tatsächlich erfüllt hat (z. B. Messprobleme [Barz89; Barz82; AlDe72]) [EbGo99, 229f.]. Auf diese Auswirkungen wird detailliert in der sich anschließenden Analyse mittels Prinzipal-Agenten-Theorie eingegangen (s. Abschnitt 3.4.1.2). Die Wahrnehmung und Bewältigung von *Unsicherheit* in ökonomischen Systemen ist nach Kopmans das „zentrale Problem der ökonomischen Organisation“ [Will96, 15; vgl. auch Will89, 143; Koop57, 147; Will89]. Die bei Transaktionen auftretende Unsicherheit kann in primäre (parametrische) und sekundäre Unsicherheit (Verhaltensunsicherheit) unterteilt werden. Primäre Unsicherheit ergibt sich aus den situativen Bedingungen einer Transaktion; sie ist zustandsbedingt. Sekundäre Unsicherheit ist auf Defizite in der Kommunikation zwischen den Austauschpartnern (Informationsasymmetrien) zurückzuführen [Will89; Will96, 15; Koop57, 147]. Die so entstehenden Informationsprobleme beeinflussen die Höhe der Transaktionskosten. Mit wachsender Unsicherheit steigen sowohl die Ex-ante- als auch die Ex-post-Transaktionskosten. Vor der Transaktionsabwicklung entstehen zusätzliche Informations- und Verhandlungskosten. Da bei Unsicherheit zudem nicht alle Bedingungen vor Abwicklung einer Transaktion berücksichtigt werden können, fallen auch nach Beendigung der Transaktion Nachverhandlungs- oder Konfliktkosten an [EbGo99, 230]. Je geringer jedoch die Höhe der transaktionsspezifischen Investitionen ist, desto weniger Einfluss hat Unsicherheit auf die Höhe der Transaktionskosten [EbGo99, 230]. Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine langfristige Austauschbeziehung bei geringer Spezifität kaum Vorteile aufweist und die Austauschbeziehungen ohne Erlöseinbußen auch mit anderen Transaktionspartnern ausgeführt werden können [EbGo99, 230].

Auch anhand des Einflussfaktors Unsicherheit kann die kostenminimale organisatorische Regelung dargestellt werden (Abbildung 31). Je größer der Umfang der Informationsprobleme ist, desto höher sind auch die Transaktionskosten. Transaktionen mit geringer Unsicherheit (geringe Informationsprobleme) sind in marktlichen Organisationsformen kostenminimal ($U < U_1$). Bei steigenden Informationsproblemen weisen hierarchische Organisationsformen geringere Transaktionskosten auf ($U > U_2$). Bei mittlerer Unsicherheit sind in hybriden Organisationsformen im Vergleich zum Markt und zur Hierarchie die Transaktionskosten am geringsten ($U_1 < U < U_2$).

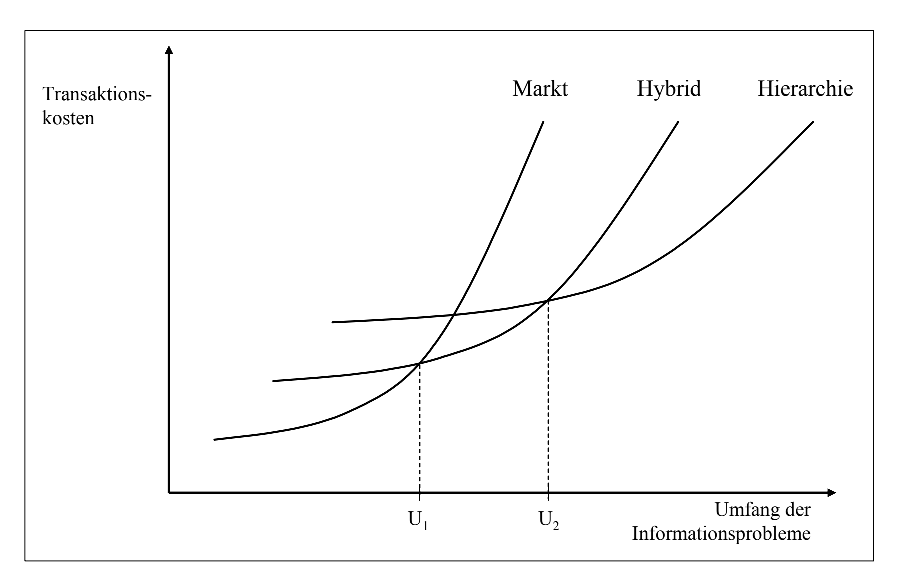


Abbildung 31: Höhe der Transaktionskosten in Abhängigkeit von der Informationsunsicherheit [in Anlehnung an Pico82, 277]

Neben der Unsicherheit für Kunden hinsichtlich des individualisierten Produktes und der Unsicherheit des MC-Koordinators hinsichtlich der Korrektheit der ermittelten Individualisierungsparameter bestehen Informationsprobleme hauptsächlich im Bereich der Produktspezifizierung und in der durchgängigen Verarbeitung der Individualisierungsinformationen innerhalb des mehrstufigen Mass Customization Wertschöpfungssystems. Umweltunsicherheit tritt auf, falls kurzfristige Anpassungen aufgrund äußerer Einflussfaktoren auftreten. Betrachtet man die einzelnen Transaktionen separat, so bewirkt die Nicht-Lieferbarkeit einzelner Produktbestandteile bei einem Zulieferer des Wertschöpfungssystems eine Unsicherheit innerhalb der Produktspezifizierung. Die Wertschöpfungspartner übergreifende Weitergabe von Informationen kann somit dazu beitragen, derartige Unsicherheit zu reduzieren. Eine Verbesserung der Informationslage hinsichtlich Qualität, Aktualität und Umfang der Informationen innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerkes bewirkt somit eine Senkung der durch Unsicherheit induzierten Transaktionskosten.

Der dritte Umweltfaktor beschreibt die *Häufigkeit* der Abwicklung gleicher Transaktionen. Auch bei der Durchführung von Transaktionen können Skalen- und Verbundeffekte erzielt werden [EbGo99, 230]. Je häufiger eine Transaktion durchgeführt wird, desto geringer sind die Transaktionskosten pro einzelne Transaktion. Obgleich geeignete institutionelle Arrangements auch in Bezug auf den Faktor Häufigkeit die Senkung von Transaktionskosten ermöglichen, ist eine präskriptive Bestimmung der Organisationsform meist überwiegend von den anderen Einflussfaktoren abhängig [EbGo99, 230]. Die Häufigkeit von Transaktionen kann entweder unmittelbar durch eine Steigerung der Wiederholungszahl oder mittelbar durch die

Standardisierung verschiedenartiger Transaktionen erhöht werden. Der Standardisierungsgrad von Transaktionen ist davon abhängig, inwieweit transaktionsspezifische Faktoren für die Durchführung einzelner Transaktionen notwendig sind. Bezogen auf das Mass Customization Wertschöpfungssystem kann die Produktspezifizierung grundsätzlich für jeden Kunden in Form eines unstrukturierten Dialogs stattfinden. Mit der Integration eines Spezifizierungsintermediärs in das Wertschöpfungssystem (z. B. in Form eines Produktkonfigurators) wird jedoch der Ablauf der Produktspezifizierung vereinheitlicht und somit in Teilen standardisiert. Innerhalb von Mass Customization ist jeder Auftrag, dessen Abwicklung sich aus mehreren Einzeltransaktionen zusammensetzt, kundenspezifisch und damit zunächst einmalig (außer bei Wiederholungskäufen). Bis auf Transaktionen, die z. B. standardisierte Produktbestandteile fertigen, ist zunächst kein Anstieg der Häufigkeit von Transaktionen zur Senkung von Transaktionskosten anzunehmen. Werden Transaktionen allerdings in digitalisierter Form über Informationssysteme ausgeführt, so kann aufgrund der einheitlichen Abwicklung von Transaktionen mit unterschiedlichen Nachrichteninhalten oder Transaktionsinformationen trotzdem eine Erhöhung der Häufigkeit erreicht werden. Der Umweltfaktor Häufigkeit bezieht sich auf die wiederholte Ausführung identischer Transaktionen. Im Fall der Leistungsindividualisierung mit Fertigungslosgrößen von „1“ wie bei Mass Customization trifft dies nicht zu. Im Fall hoher Kundenintegration ist jede einzelne Transaktion unterschiedlich. Dennoch kann der Ansatz aufrechterhalten werden, dass auch bei Leistungsindividualisierung Transaktionskostensenkungen erzielt werden können. Schnäbele ergänzt hierfür die Umweltfaktoren um die Kennziffer *Flexibilität*. Damit kann der Widerspruch zwischen einer spezifischen Nachfrage und der Erhöhung der Transaktionskostenhäufigkeit mit verschiedenen Nachfragern erklärt werden [Schn97, 152]. Die Bewertung der Häufigkeit von Transaktionen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Transaktionskosten erfordert bei Aufgabe der Forderung nach identischen Transaktionen eine Bestimmung ihrer Ähnlichkeiten. In Hinblick auf die Entkopplungspunkte zwischen auftragsneutralen und kundenspezifischen Wertschöpfungsaktivitäten und der Bestimmung eines Vorfertigungsgrades werden Transaktionen auch dann vergleichbar, falls die Transaktion Teil der Leistungsindividualisierung ist.

Die Kostenwirkungen der dargestellten umweltbezogenen Einflussfaktoren sind in Tabelle 4 zusammenfassend dargestellt. Da die vorliegende Arbeit Transaktionskosten fokussiert, wird die Auswirkung der Einflussfaktoren auf die Produktionskosten nicht berücksichtigt. Diesbezügliche Ausführungen können [EbGo99, 230] entnommen werden.

Einflussfaktor / Wirkungen	Spezifität	Unsicherheit	Häufigkeit
Wirkung auf die Transaktionskosten bei zunehmender Ausprägung der Einflussfaktoren	+ Zunahme	+ Zunahme	- Abnahme

Tabelle 4: Kostenwirkungen zunehmender Ausprägung der Einflussfaktoren [in Anlehnung an EbGo99, 230]

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Eine Zunahme der transaktionsspezifischen Investitionen und der Unsicherheit führt zur Erhöhung der Transaktionskosten. Eine steigende Zunahme der Abwicklungshäufigkeit einer bestimmten Transaktion ermöglicht hingegen eine Senkung der Transaktionskosten. Aufgrund ihrer Spezifität stiften Transaktionen nur in bestimmten Situationen oder nur für bestimmte Transaktionspartner einen Nutzen. Falls die Transaktion nicht in der geplanten Weise durchgeführt werden kann, reduziert sich einerseits der Wert der Transaktion (Erlöseinbußen) und andererseits können Zusatzkosten zur Anbahnung neuer Transaktionen entstehen. Die Erlösdifferenz zwischen dem besten und zweitbesten Transaktionseinsatz wird auch Quasi-Rente genannt [EbGo99, 228]. Mit steigender Häufigkeit der Durchführung einer identischen Transaktion sinken hingegen die Transaktionskosten.

3.3.1.2.3 Transaktionsatmosphäre

Die *Transaktionsatmosphäre* umfasst die Rahmenbedingungen, unter denen Transaktionen ausgeführt werden. Nach Williamson sind hierbei insbesondere zwei Aspekte zu betrachten. Zunächst können *sozio-kulturelle Rahmenbedingungen* genannt werden. Zu dieser Art gehören gesellschaftliche Strukturen (z. B. Arbeits-, Vertrags- und Handelsrecht) und ethische Faktoren (z. B. soziale Normen, Freundschaft und Reputation). Der Grad der Verbindlichkeit, mit der diese Faktoren das Handeln von Transaktionspartnern beeinflussen, hat Auswirkungen auf die Transaktionskostenstruktur. So lassen sich opportunistisches Verhalten eingrenzen, Unsicherheiten reduzieren und ungewollte, negative Transaktionen verhindern. Die Transaktionsatmosphäre umfasst zudem *technologische Rahmenbedingungen*. Hierzu zählt vor allem die technische Infrastruktur, innerhalb derer Transaktionen durchgeführt werden. Sind für Transaktionen informationsverarbeitende Kommunikationssysteme vorhanden, so lassen sich auf unterschiedlichen Ebenen prinzipiell Transaktionskosten senken: Beschleunigung der Aushandlungsprozesse, Auffinden neuer Transaktionspartner und Transparenz bei der Transaktionskontrolle können zur Kostenreduzierung beitragen. Auch dieser Aspekt spielt für den weiteren Verlauf der Analyse eine wesentliche Rolle und wird daher im weiteren Verlauf noch detaillierter diskutiert.

Der Einfluss der Transaktionsatmosphäre lässt sich, bezogen auf das Mass Customization Wertschöpfungssystem, in beiden Aspekten erkennen. Die sozio-kulturellen Rahmenbedin-

gungen wirken sich auf die Vertrauensbasis zwischen Kunde und dem Anbieter von MC-Produkten und innerhalb des Wertschöpfungssystems aus. Damit kann die Verbindlichkeit von Transaktionen aber auch die Neuaufnahme von Wertschöpfungspartnern in das Wertschöpfungssystem ermöglicht und erleichtert werden. Die technologischen Rahmenbedingungen fokussieren die Informationsverarbeitung innerhalb des Wertschöpfungssystems und der einzelnen Akteuren mit ihrer Umwelt. Da von einer dynamischen Bildung des Mass Customization Wertschöpfungsnetzwerkes ausgegangen wird, das sich zudem auftrags- und zeitabhängig in Zusammensetzung und Ausgestaltung verändern kann, müssen Mass Customization Informationssysteme das Auffinden neuer Wertschöpfungspartner ermöglichen und die Anlaufzeit zur Aufnahme der Geschäftsbeziehung verkürzen.

3.3.1.3 Einsatz von Informations- und Kommunikationssystemen als Beitrag zur Senkung von Transaktionskosten in Mass Customization Wertschöpfungssystemen

Die vorliegende Arbeit entnimmt die theoretische Vorteilhaftigkeit von Informationssystemen den Grundannahmen der Transaktionskostentheorie. Die Transaktionsatmosphäre stellt den Rahmen bereit, innerhalb dessen Transaktionen ausgeführt werden können. Wie bereits in Kapitel 3.3.1.2.3 dargestellt wurde, sind die technischen Rahmenbedingungen der Transaktionsatmosphäre zuzuordnen. Die Verfügbarkeit von Informationssystemen zur Unterstützung von Transaktionen kann aufgrund von Standardisierung, Beschleunigung und Digitalisierung dazu beitragen, Transaktionskosten zu reduzieren [Pico82, 272f.].
Die Operationalisierung von Transaktionskostenveränderungen aufgrund einer Anpassung der Transaktionsatmosphäre ließe sich anhand einer quantitativen Bewertung von Informationssystementwicklungen messen. Da der Transaktionskostentheorie allerdings nur Tendenzaussagen zu entnehmen sind, ist eine monetäre Berechnung von Veränderungen meist nicht möglich. Grundlegende Wirkungsmechanismen lassen sich jedoch abbilden und für eine Analyse heranziehen. So vergleichen Picot et al. in [PiRW03, 72] die Transaktionskosten ohne Systemunterstützung in Abhängigkeit von der Spezifität einer Transaktion mit dem Einsatz von Informationssystemen (Abbildung 32).
Der Einsatz von IuK-Systemen führt zu einer Verschiebung des Transaktionskostenverlaufs. Unabhängig von der konkreten Ausprägung der organisatorischen Regelung führt der Einsatz der Informationstechnologie bei gleich bleibender Spezifität der Transaktion zu einer Reduzierung der Transaktionskosten. Gleichzeitig findet eine Verschiebung der Übergangspunkte zwischen verschiedenen institutionellen Arrangements statt. Abbildung 32 zeigt, dass in Hinblick auf Kosteneffizienz ein Wechsel von marktlichen zu hybriden Organisationsformen ohne IuK-Systeme bei einer Spezifität S_1 sinnvoll ist. Der Übergang von hybriden zu hierarchischen Formen wird entsprechend bei einer Spezifität von S_2 empfohlen. Der Einsatz von IuK-Systemen führt zu einer Rechtsverschiebung der Übergangspunkte entlang der Abszisse bei gleichzeitiger Reduzierung der anfallenden Transaktionskosten. Damit weist die hybride Or-

ganisationsform im Vergleich zum Markt ab S_1^{IuK} und die Hierarchie im Vergleich zur hybriden Organisationsform ab S_2^{IuK} geringere Transaktionskosten auf.

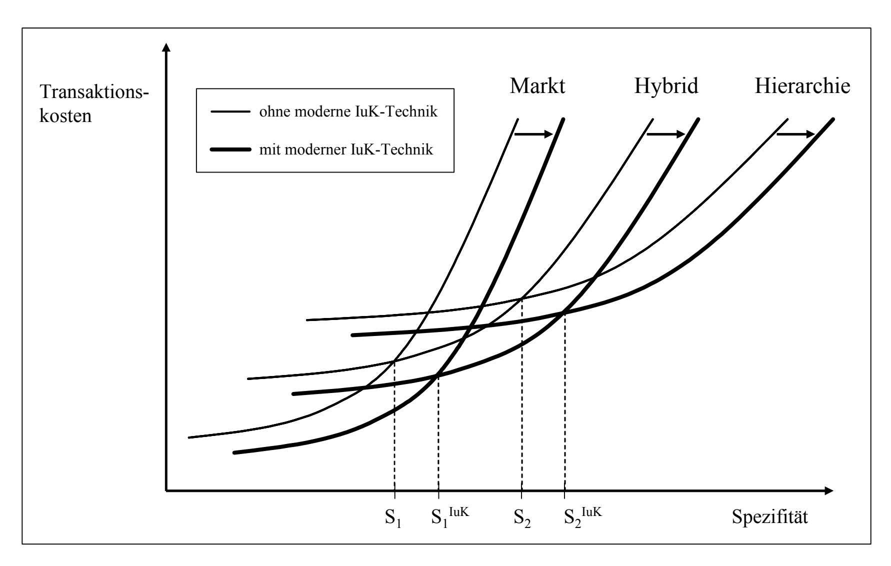


Abbildung 32: Transaktionskostenveränderungen bei Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik [in Anlehnung an PiRW03, 72]

Mit dem Verweis auf die Transaktionsatmosphäre kann die Vorteilhaftigkeit von Informationssystemen nicht nachgewiesen werden. Die Grundannahmen der Transaktionskostentheorie eignen sich jedoch dafür, Informationssysteme als einen beeinflussbaren Kostenparameter aufzufassen. Demnach kann eine Transaktionskostenreduzierung erreicht werden, falls für jede Transaktion eine geeignete Transaktionsatmosphäre vorliegt und deren Eigenschaften Reduzierung der Transaktionskostenstruktur zulässt. Mass Customization Informationssysteme müssen dazu beitragen, die Mass Customization spezifischen Transaktionskosten zu senken. Dies ist einerseits über die Bereitstellung einer angemessenen Transaktionsatmosphäre in Bezug auf die technologischen Rahmenbedingungen und andererseits über eine Veränderung der Einflussfaktoren auf die Höhe der Transaktionskosten möglich. Ziel eines Mass Customization Informationssystems muss es dabei sein, die Spezifität und die Unsicherheit von Transaktionen zu reduzieren und die Häufigkeit der Durchführung von Transaktionen zu erhöhen. Neben diesen Umweltfaktoren kann eine Verbesserung der Informationssituation innerhalb des Mass Customization Wertschöpfungssystems dazu beitragen, dass die Humanfaktoren (insbesondere: Begrenzte Rationalität und opportunistisches Verhalten) in ihrer Auswirkung auf die Transaktionskosten begrenzt werden. Durchgängige Informationsflüsse über die einzelnen Wertschöpfungsstufen hinweg führen zu einer zeitlich und räumlich verbesserten Informationslage und können die Bewertbarkeit von Transaktionen objektivieren (Rationalität

von Entscheidungen nimmt zu). Die Vermeidung von Transaktionen zum Schaden anderer Wertschöpfungspartner aufgrund einer Durchgängigkeit von Informationsflüssen kann zudem opportunistisches Verhalten reduzieren. Allerdings muss innerhalb eines Wertschöpfungssystems mit rechtlich und organisatorisch eigenständigen Partnern von Zielkonflikten ausgegangenen werden (Konkurrenzsituation, Grad der vertikalen Integration etc.). Dadurch ergibt sich der Anreiz, opportunistisches Handeln zu reduzieren. Dies erfolgt weniger aus Sicht eines einzelnen Partners, sondern auch aus Sicht des gesamten Wertschöpfungssystems.

3.3.2 Transaktionskostentheorie induzierte Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme

Nach der Mass Customization spezifischen Analyse auf Basis des *Operational Failure Frameworks* von Williamson werden nachfolgend die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme abgeleitet. Betrachtet werden die einzelnen Transaktionen des Mass Customization Wertschöpfungssystems. Zunächst werden anhand eines einheitlichen Schemas die transaktionsbezogenen Humanfaktoren und Umweltfaktoren dargestellt und bewertet. Im Abschluss werden die sich daraus ergebenden IS-Anforderungen abgeleitet und erläutert. Aufgrund der Mehrstufigkeit des zugrunde liegenden Wertschöpfungssystems liegt ein Schwerpunkt der Analyse auf der Ermittlung der überbetrieblichen IS-Anforderungen. Berücksichtigt werden im Einzelnen folgende Transaktionen:

- Kunde – Spezifizierungsintermediär,
- Spezifizierungsintermediär – MC-Koordinator,
- MC-Koordinator – Produzent,
- Produzent – Zulieferer 1. Stufe,
- Zulieferer x. Stufe – Zulieferer y. Stufe.

In dieser dargestellten Form entsteht eine lineare Wertschöpfungskette. Das eingeführte Modell eines Wertschöpfungssystems berücksichtigt auch netzwerkartige Verbindungen zwischen den Akteuren. Bei der Analyse der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme wird jedoch aus methodischen Gründen die lineare Struktur verwendet, um die Komplexität in der Kriterienbewertung zu reduzieren.

3.3.2.1 Transaktion „Kunde – Spezifizierungsintermediär“

Die Transaktion zwischen dem Kunden und dem Spezifizierungsintermediär kennzeichnet die Verkaufsphase. Der Spezifizierungsintermediär ermittelt die Produktwünsche des Kunden und setzt diese unter Berücksichtigung des zugrunde liegenden Produktmodells in Individualisierungsparameter um. Die Human- und Umweltfaktoren der Transaktion zwischen dem Kunden und dem Spezifizierungsintermediär sind in Tabelle 5 dargestellt.

Das Mass Customization Informationssystem muss als Ausgangspunkt eines Auftrags im Wertschöpfungssystem den Verkaufsprozess unterstützen. Dies erfolgt durch die Bereitstellung einer Schnittstelle zwischen dem Kunden und dem Wertschöpfungssystem. Der Kunde äußert Individualisierungswünsche, die vom Spezifizierungsintermediär aufgenommen und verarbeitet werden müssen. Das Leistungspotenzial des Wertschöpfungssystems wird vermittelt, in dem das Produktangebot und die möglichen Individualisierungsoptionen dargestellt werden. Der Umfang der Individualisierung, die dem Kunden ermöglicht wird, muss in Abstimmung mit dem Vorfertigungsgrad der Produktion festgelegt sein. So werden vorgefertigte Produktbestandteile in standardisierter Form verarbeitet und können nicht mehr durch den Spezifizierungsprozess beeinflusst werden. Ziel der Transaktion ist die Ermittlung der auftragsrelevanten Informationen. Dazu gehören neben den Kundendaten insbesondere die produktbezogenen Daten für die Individualisierung. Aufgabe des Spezifizierungsintermediärs als Kundeninterface ist die Akquisition neuer Kunden und Aufträge. Besteht bereits eine Geschäftsbeziehung zu dem Kunden, können gespeicherte Informationen über Kundenpräferenzen für den Spezifizierungsprozess verwendet werden. Aus Sicht des Spezifizierungsintermediärs ist der Grad der Generalisierbarkeit des Spezifizierungsprozesses relevant. Je allgemeiner dieser ausgestaltet ist, desto eher können Informationssysteme auch für die Spezifizierung anderer Produkte eingesetzt werden. Damit kann die Transaktionshäufigkeit erhöht werden, zugleich senkt sich dadurch die Spezifität der Transaktion. Werden Erst- und Wiederverkäufe unterschieden, so treten bei Erstkäufen größere Unsicherheiten auf. Dies betrifft sowohl den Kunden als auch den Spezifizierungsintermediär. Der Kunde kann das angebotene Produktprogramm nicht auf Basis eines bereits gefertigten Produktes beurteilen. Der Spezifizierungsintermediär hingegen kennt die Qualität der vom Kunden geäußerten Individualisierungsinformationen nicht. Bei Wiederholungskäufen liegen für beide Akteure Informationen über frühere Transaktionen vor. Damit wird die Anzahl identischer Transaktionen erhöht. Außerdem steigert eine langfristige Kundenbeziehung das Vertrauen in die Transaktion und führt zur Reduzierung von opportunistischem Verhalten. Der Spezifizierungsprozess als Dialog zwischen dem Kunden und dem Spezifizierungsintermediär ermittelt die Individualisierungsinformationen. Damit muss das Mass Customization Informationssystem in der Lage sein, das Produktangebot und die Optionen zur Produktindividualisierung so aufzubereiten, dass einerseits der Kunde das in Aussicht gestellte Produkt umfassend beurteilen kann und andererseits mit den Methoden zur Informationserhebung valide Produktspezifikationen ermittelt werden. Eine Steigerung der Qualität der Individualisierungsinformationen kann die Unsicherheit der beteiligten Akteure reduzieren. Ebenso lassen sich Effizienzverluste aufgrund der begrenzten Rationalität der Akteure vermeiden, wenn der Spezifizierungsprozess den Interpretationsspielraum bei der Auswahl von Individualisierungsoptionen für den Kunden reduziert.

Humanfaktoren		Bewertung	
Akteur 1: Kunde	**Begrenzte Rationalität**	▪ Kunde bestimmt die subjektiv beste Einstellung der Individualisierungsoptionen	
	Opportunistisches Verhalten	▪ Persönlicher Individualisierungswunsch steht vor Machbarkeit, Abhängigkeit des Spezifizierungsintermediärs von den Kunden (kundenspezifische Transaktion)	
Akteur 2: Spezifizierungsintermediär	**Begrenzte Rationalität**	▪ Individualisierungswünsche sind nicht absolut explizierbar	
	Opportunistisches Verhalten	▪ Machbarkeit und Kosteneffizienz stehen vor Kundenbedürfnissen	
Umweltfaktoren	**Bewertung im Fall von Mass Customization**		**TK-Wirkung**
Unsicherheit	▪ Kunde kann die Eignung der angebotenen Spezifikation nicht beurteilen ▪ Spezifizierungsintermediär kann die Qualität der ermittelten Informationen nicht beurteilen ▪ Ermittlung von Kundenwünschen und Umsetzung in Produktparameter sind Prozesse, die implizites Wissen explizieren (hohe Unsicherheit)		+
Spezifität	▪ Kunde übermittelt die Individualisierungsdaten nur an einen Spezifizierungsintermediär und bindet sich damit an diesen ▪ Spezifizierungsintermediär bietet nur ein begrenztes Produktprogramm an ▪ Spezifizierungsintermediär ist produktabhängig und damit spezifisch		+
Häufigkeit	▪ Jeder Auftrag ist eigenständig; geringe Häufigkeit für den Kunden; bei Anstieg aufgrund von erhöhter Kundenzufriedenheit, nimmt die Häufigkeit zu ▪ Zahl identischer Transaktionen sinkt aus Sicht des Spezifizierungsintermediärs		+
	▪ Vereinheitlichung der Spezifizierung führt zu Erhöhung der Transaktionshäufigkeit		-

Tabelle 5: Charakterisierung der Transaktion „Kunde – Spezifizierungsintermediär“

Bei einer phasenorientierten Betrachtung der Transaktion zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär lassen sich die Kostenwirkungen bezogen auf die Transaktionskostenarten untersuchen. In der *Anbahnungsphase* fallen Kosten für die Ermittlung geeigneter Spezifizierungsintermediäre an. Dies umfasst einerseits Recherchen über das prinzipielle Produktangebot, das der Spezifizierungsintermediär in einem Mass Customization Wertschöpfungssystem dem Kunden zur Spezifizierung anbietet, und andererseits die Überprüfung, ob die angebote-

nen Individualisierungsoptionen die vom Kunden geforderten Eigenschaften erfüllen können. Zu unterscheiden sind hierbei Transaktionen mit Bestandskunden (Anbahnung wurde bereits vorgenommen) und Transaktionen mit Neukunden. Im Rahmen der *Vereinbarung* wird die Produktspezifikation vorbereitet. Dies umfasst die Festlegung der Schnittstellen zwischen dem Kunden und dem Spezifizierungsintermediär (z. B. über einen Produktkonfigurator). In der *Abwicklungsphase* wird die Produktspezifikation erstellt. Als Ergebnis liegt eine Produktspezifikation als Vertragsvereinbarung für das vom Kunden gewünschte Produkt vor. Nach der Durchführung überprüfen beide Akteure in der *Kontrollphase* das Ergebnis der Transaktion. Dabei umfassen Kontrollmaßnahmen vor Beginn weiterer Transaktionen die Visualisierung der Produktspezifikation, den Nachweis von Referenzaufträgen und die Dokumentation des Spezifizierungsprozesses. In einem nachgelagerten Schritt kann auch nach vollendeter Produktion eine Überprüfung zwischen Produktspezifikation und dem gelieferten Sachgut vorgenommen werden. So kann nachträglich der Deckungsgrad zwischen Produkteigenschaften und Kundenanforderungen analysiert werden. Sind Änderungen an dem vereinbarten Transaktionsgegenstand notwendig, so erfolgt dies in der *Anpassungsphase*. Vor Beendigung der Produktion kann die Produktspezifikation noch verändert werden. Haben bereits weitere Transaktionen begonnen, so hängt die Anpassbarkeit von der Lage des Individualisierungszeitpunktes ab. Vor Beginn der produktionsbezogenen Individualisierung können die Produktspezifikation und der Herstellungsprozess in Hinblick auf die individuellen Produktbestandteile angepasst werden, sofern die dafür relevanten Informationen in dem Wertschöpfungssystem ausgetauscht werden können. Wurde der Individualisierungszeitpunkt bereits erreicht, so können die Produktspezifikation und der Herstellprozess für einen bestimmten Auftrag nur noch in Abhängigkeit von dem Individualisierungsumfang und von der Vorlaufsfrist für die Materialbeschaffung an kurzfristige Veränderungen angepasst werden. Nach Beendigung der Produktion ist die Individualisierungsintensität maßgebend, ob Individualisierungsschritte rückgängig gemacht werden können. Bei der Produktion von Sachgütern, die in Hinblick auf eine mit dem Kunden vereinbarte Produktspezifikation fehlerhaft sind, ist eine Veränderung nur durch erneute Spezifizierung (falls Kundenanforderung nicht zur Produktspezifikation passt) oder durch erneute Produktion (falls Sachgut nicht zur Produktspezifikation passt) möglich. Alternativ kann eine Zweitverwertung den Wertverlust aufgrund der Spezifität der Transaktion reduzieren.

Für die Transaktion zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär lässt sich zusammenfassend feststellen, dass das Mass Customization Informationssystem in der Lage sein muss, Individualisierungsparametern zu explizieren. Die Anpassbarkeit der Produkte an Kundenwünsche setzt voraus, dass die möglichen Individualisierungsparameter festgelegt wurden. Dies umfasst die Unterscheidung von standardisierten, d. h. nicht durch den Kunden direkt zu bestimmenden Parametern, und individualisierbaren Produkteigenschaften. Mit dieser Anforderung wird zugleich eine Begrenzung der Individualisierbarkeit der Produkte vorgenommen. Dies ist in Hinblick auf das Ausnutzen von Effizienzvorteilen der Massenproduktion notwen-

dig. Da im Gegensatz zur Fertigung standardisierter Produkte ein Produktmodell bei Mass Customization vor Auftragseingang keine vollständige Spezifikation der herzustellenden Produkte beschreibt, werden die Individualisierungsparameter erst bei einem Kundenauftrag festgelegt. Informationssysteme für Mass Customization müssen daher außerdem den Spezifikationsprozess von einem Produktmodell zu einer konkreten Produktausprägung mit geeigneten mathematischen Verfahren unterstützen.

3.3.2.2 Transaktion „Spezifizierungsintermediär – MC-Koordinator“

In der Transaktion zwischen dem Spezifizierungsintermediär und dem MC-Koordinator werden eingegangene Aufträge an den MC-Koordinator übertragen. Wird der Spezifizierungsintermediär direkt von dem MC-Koordinator eingesetzt bzw. zur Verfügung gestellt, so sind beide Akteure organisatorisch verbunden (Akteur übernimmt sowohl die Rolle des Spezifizierungsintermediärs und als auch des MC-Koordinators). Wenn dies nicht der Fall ist, agiert der Spezifizierungsintermediär selbständig und unabhängig. Vorstellbar sind hierbei Konfigurationsportale oder elektronische Marktplätze. Hierbei erfolgt die Zusammenarbeit zwischen dem Spezifizierungsintermediär und dem MC-Koordinator nicht exklusiv, d. h. ein MC-Koordinator arbeitet mit mehreren Spezifizierungsintermediären zusammen. Zugleich ermitteln diese jedoch auch Aufträge für mehr als einen MC-Koordinator. Die Human- und Umweltfaktoren der Transaktion zwischen dem Spezifizierungsintermediär und dem MC-Koordinator sind in Tabelle 6 dargestellt.
Die Interaktion zwischen dem Spezifizierungsintermediär und dem MC-Koordinator ist aus einer bidirektionalen Sicht dafür zuständig, einerseits das vom Wertschöpfungssystem bereitgestellte Leistungspotenzial zu definieren und andererseits die ermittelten Produktspezifikationen vom Spezifizierungsintermediär an den MC-Koordinator weiterzuleiten. Das Mass Customization Informationssystem muss daher die Erstellung von Produktmodellen und die Explizierung der Produktparameter zur Bereitstellung der Produktspezifizierung unterstützen. Produktmodelle beschreiben die Zusammensetzung der Produkte. Im weiteren Verlauf muss eine Zuordnung von den Produktbestandteilen zu den Akteuren des gesamten Wertschöpfungssystems ermöglicht werden (insbesondere in Hinblick auf die Produktion). Der Grad der Spezifität des Spezifizierungsintermediärs bestimmt außerdem die organisatorische Einbettung der Transaktion. Die institutionelle Trennung von Spezifizierungsintermediär und MC-Koordinator führt zu einer hohen Unsicherheit der Transaktion. So ist der MC-Koordinator darauf angewiesen, dass der Spezifizierungsintermediär neue Aufträge in Form von Produktspezifikationen liefert. Bei hoher Spezifität der Transaktion, d. h. die Produktspezifizierung ist produkt- und akteursabhängig, erscheint die organisatorische Zuordnung dieser Transaktion zum MC-Koordinator sinnvoll. Aufgrund der Individualität der einzelnen Kundenaufträge wird die Anzahl identischer Transaktionen vermindert. Mit der Bereitstellung eines generalisierten Produktspezifizierungsprozesses kann jedoch die Spezifität der Transaktion reduziert und die Häufigkeit von Transaktionen erhöht werden. Diese Transaktion übernimmt als Be-

ginn der Auftragsabwicklung außerdem die Auftragsvorbereitung und die Weitergabe von Auftragsdaten. Verändert das Wertschöpfungssystem das Produktangebot, so muss dies bei der Produktspezifizierung durch den Spezifizierungsintermediär berücksichtigt werden. Die Anpassung von Produktmodellen und Individualisierungsparametern reduziert dabei die Zeit, bis weitere Aufträge angenommen werden können.

Humanfaktoren		**Bewertung**	
Akteur 1: Spezifizierungsintermediär	**Begrenzte Rationalität**	▪ Individualisierungswünsche sind nicht absolut explizierbar	
	Opportunistisches Verhalten	▪ Machbarkeit und Kosteneffizienz stehen vor Kundenbedürfnissen	
Akteur 2: MC-Koordinator	**Begrenzte Rationalität**	▪ Unvollständige Informationen aus der Spezifizierung und über das Produktionsnetzwerk liegen vor	
	Opportunistisches Verhalten	▪ Ausschließliche Annahme von Aufträgen mit hoher Umsatzrendite	
Umweltfaktoren	**Bewertung im Fall von Mass Customization**		**TK-Wirkung**
Unsicherheit	▪ MC-Koordinator übernimmt kundenspezifischen Auftrag mit hohem Verlustrisiko, falls die Spezifizierungsinformationen nicht korrekt sind		+
Spezifität	▪ Wenn der Spezifizierungsintermediär nur mit einem MC-Koordinator zusammenarbeitet, erfolgen spezifische Investitionen in die Zusammenarbeit ▪ Wenn der MC-Koordinator nur mit einem Spezifizierungsintermediär zusammenarbeitet, erfolgen spezifische Investitionen in die Zusammenarbeit		+
Häufigkeit	▪ MC-Koordinator erhält Einzelaufträge, Anzahl identischer Transaktionen nimmt ab		+

Tabelle 6: Charakterisierung der Transaktion „Spezifizierungsintermediär – MC-Koordinator“

Die Kosten für die *Anbahnung* von Transaktionen zwischen Spezifizierungsintermediär und MC-Koordinator hängen von der Kardinalität der Akteursbeziehung ab. Bei regelmäßiger Zusammenarbeit derselben Akteure fallen geringe Anbahnungskosten an, da die Voraussetzungen für die Transaktion bereits bekannt sind. Arbeitet der MC-Koordinator mit mehreren Spezifizierungsintermediären zusammen (z. B. über elektronische Märkte), so müssen potentielle Akteure für die Anlieferung von Produktspezifikationen identifiziert und bewertet werden. In gleicher Weise muss ein Spezifizierungsintermediär, der für mehrere MC-Koordinatoren Produktspezifikationen erstellt, geeignete Akteure finden. In der *Vereinbarungsphase* finden Abstimmungsprozesse über das individualisierbare Sachgut statt. Dies

umfasst den Austausch von Produktmodellen und die Festlegung von Individualisierungsparametern. Außerdem wird vereinbart, welche Auftragsdaten bei der Durchführung von Transaktionen ausgetauscht werden müssen. Schließlich werden die geeigneten Spezifizierungs- bzw. Konfigurierungsmethoden festgelegt. Kosten für die *Abwicklung* entstehen bei der Weitergabe der Auftragsdaten und für die Bereitstellung des Spezifizierungspotenzials des Spezifizierungsintermediärs und die Leistungsbereitschaft des MC-Koordinators für das gesamte Wertschöpfungssystem. Im Rahmen der *Kontrolle* fallen Kosten für das Überwachen vereinbarter Auftragszahlen, für die Überprüfung der Aufträge auf Validität in Bezug auf das Produktmodell und den vereinbarten Individualisierungsraum an. Kosten für die Anpassung können entstehen, falls datenbezogene Modelle (z. B. Produkt- oder Produktspezifikationsmodell) oder ablaufbezogene Modelle (z. B. Produktspezifizierungsprozess) angepasst werden müssen.
Anforderung für das Mass Customization Informationssystem ist also die Erstellung von Produktmodellen, da so ein strukturiertes Verständnis des Aufbaus von Produkten sichergestellt wird. Das Produktmodell umfasst die zur Fertigung notwendigen Komponenten in Ausstattung, Menge und Anordnung. Außerdem werden logische Abhängigkeiten zwischen Komponenten berücksichtigt. Das Mass Customization Informationssystem muss die Modellierung der Modularisierbarkeit von Produkten unterstützen.

3.3.2.3 Transaktion „MC-Koordinator – Produzent“

In dem entwickelten Wertschöpfungsmodell wird zwischen der Vermarktung und der physischen Herstellung der kundenindividuellen Güter unterschieden. Somit ergibt sich die Trennung in die beiden Akteure „MC-Koordinator“ und „Produzent“. Der MC-Koordinator erteilt an den Produzenten einen Fertigungsauftrag, den dieser innerhalb seines Produktionsnetzwerkes ausführt. Da in dieser Arbeit angenommen wird, dass die Individualisierung des Sachgutes innerhalb der Produktherstellung vorgenommen wird, liegt der letzte Entkopplungspunkt in dem Verantwortungsbereich des Produzenten. Die Human- und Umweltfaktoren der Transaktion zwischen dem Spezifizierungsintermediär und dem MC-Koordinator sind in Tabelle 7 dargestellt.
Die Transaktion zwischen dem MC-Koordinator und einem Produzenten ergibt sich aus der rollenbezogenen Aufteilung von Sachgutvermarktung und Sachgutherstellung. Das Mass Customization Informationssystem muss daher in der Lage sein, die überbetrieblichen Interaktionen zwischen dem MC-Koordinator und aus Sicht der Produktion vorgelagerten Wertschöpfungsstufen abzudecken. Da die kundenindividuellen Aufträge per se unterschiedlich sind, reduziert sich die Anzahl identischer Transaktionen. Zugleich ist Gegenstand dieser Transaktion immer ein Produkt. Damit unterscheidet sich diese Transaktion im Mass Customization Wertschöpfungssystem von einer vergleichbaren Austauschbeziehung bei standardisierter Produktion. Die Losgröße beträgt „1“. Die Gesamtanzahl der Transaktionen nimmt daher eher zu, da jeder Kundenauftrag zu einem eigenen Auftragsablauf im Wertschöpfungs-

system führt. Die Transaktion zwischen MC-Koordinator und Produzenten bildet den Aufbau des Wertschöpfungssystems zur Herstellung von individuellen Produkten. Damit wird es notwendig, relevante Wertschöpfungspartner zu identifizieren. Transaktionen im Wertschöpfungssystem werden entweder mit bekannten Akteuren oder mit neuen Partnern durchgeführt. Bei Aufnahme neuer Akteure in das Wertschöpfungssystem muss in der Anbahnung der Transaktion eine Bewertung der in Aussicht gestellten Leistung des Wertschöpfungspartners vorgenommen werden. Da die Kosten für den Austausch eines Wertschöpfungspartners hoch sind (geringe Transaktionshäufigkeit, hohes Risiko, ggf. hohe Spezifität) besteht ein Ziel des MC-Koordinators darin, die Transaktionen der verschiedenen Wertschöpfungspartner zu vereinheitlichen. Damit kann das Risiko der Transaktion durch Regelungen und einen bidirektionalen Informationsfluss reduziert werden. Je geringer die Spezifität einer Transaktion, desto geringer sind zudem die Kosten für einen Austausch von Wertschöpfungspartnern. Die Unterstützung des Informationsflusses ist Aufgabe des Mass Customization Informationssystems. Als Koordinator des Mass Customization Wertschöpfungssystem ist der MC-Koordinator für den Austausch von Produktspezifikationen zuständig. Dies umfasst die Weitergabe der auftragsrelevanten Informationen an die Wertschöpfungspartner in dem Maß, wie es der einzelne Akteur notwendig macht. Falls der Produzent umfangreiche Kenntnisse über das zugrunde liegende Produktmodell hat, kann das Risiko in der Produktion reduziert werden. Gleichzeitig steigt die Gefahr opportunistischen Verhaltens, falls den Akteuren mehr Informationen zur Verfügung stehen als für die Erfüllung der vereinbarten Transaktion erforderlich ist. So kann ein Produzent die Produktentwicklung des MC-Koordinators für eigene Zwecke einsetzen. Wird der Umfang der auszutauschenden Informationen begrenzt, so reduziert sich zudem die Spezifität hinsichtlich der Zusammenarbeit mit bestimmten Wertschöpfungspartnern. Der MC-Koordinator vergibt an den Produzenten Aufträge zur Herstellung von Sachgütern, deren Ausgestaltung mittels Transaktion zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär vereinbart wurde. Nimmt der MC-Koordinator Einfluss auf die Zulieferstruktur des Produzenten, so muss das Mass Customization Informationssystem auch den Austausch von Akteursmodellen unterstützen. Da der Produzent die Herstellung des Sachgutes übernimmt und damit für die Produktionsprozesse verantwortlich ist, muss die Festlegung der Individualisierungsparameter für die Produktspezifikation in Abstimmung mit dem Produzenten erfolgen.

Humanfaktoren		**Bewertung**	
Akteur 1: MC-Koordinator	**Begrenzte Rationalität**	▪ Machbarkeit des Auftrags durch den Produzenten bleibt ungeklärt	
	Opportunistisches Verhalten	▪ Bewusste Verlagerung des Risikos der Herstellung auf andere Akteure; Vorteilnahme aus Vermarktungsperspektive	
Akteur 2: Produzent	**Begrenzte Rationalität**	▪ Unvollständige Informationen aus der Spezifizierung liegen vor	
	Opportunistisches Verhalten	▪ Ausnutzen der einseitigen Abhängigkeit des MC-Koordinators vom Produzenten in Vertragsverhandlungen bzw. bei der Vertragserfüllung	
Umweltfaktoren	**Bewertung im Fall von Mass Customization**		**TK-Wirkung**
Unsicherheit	▪ MC-Koordinator übernimmt kundenspezifischen Auftrag mit hohem Verlustrisiko, falls Teile der Produktspezifikation nicht korrekt sind		+
Spezifität	▪ Aufträge sind kundenspezifisch, damit wird auch die Fertigung nach dem Entkopplungspunkt spezifisch; je nach Produkt- und Fertigungsart bedingt dies zusätzliche spezifische Investitionen in das Wertschöpfungssystem ▪ Wenn der MC-Koordinator nur mit einem Produzenten zusammenarbeitet, erfolgen spezifische Investitionen in die Zusammenarbeit ▪ Wenn der Produzent nur mit einem MC-Koordinator zusammenarbeitet, erfolgen spezifische Investitionen in die Zusammenarbeit		+
Häufigkeit	▪ Produzent erhält Einzelaufträge mit Losgröße „1“, Anzahl identischer Transaktionen nimmt ab ▪ Vereinheitlichung der Fertigung bzw. Erhöhung der Produktionsflexibilität führt zu hoher Häufigkeit		+ -

Tabelle 7: Charakterisierung der Transaktion „MC-Koordinator – Produzent“

In der *Anbahnungsphase* fallen aus Sicht des MC-Koordinators Kosten für die Ermittlung und Bewertung potenzieller Produzenten an (anhand von Kriterien wie z. B. Kapazitäten, Ressourcen, Kompetenzen, Qualität, Zuverlässigkeit etc.). Kosten für die *Vereinbarung* entstehen bei der Auswahl eines Produzenten und den Austausch von daten- und ablaufbezogenen Modellen (z. B. Produktmodell, Produktionsmodell etc.). Voraussetzung für die Abwicklung der Transaktion ist die Vereinbarung von Schnittstellen und deren Kompatibilität. Aufgabe des Mass Customization Informationssystems ist es deshalb, den Informationsaustausch innerhalb des mehrstufigen, überbetrieblichen Mass Customization Wertschöpfungssystems zu koordinieren. Dabei ersetzt das Mass Customization Informationssystem nicht die einzelnen inner-

betrieblichen Informationssysteme der Akteure, sondern spezifiziert die für das Wertschöpfungssystem gemeinsam relevanten Bereiche. Die *Abwicklung* der Transaktion umfasst im Wesentlichen die Vergabe von Produktionsaufträgen. Dabei entstehen Kosten für die Übertragung der auftragsrelevanten Informationen. Im Rahmen der *Kontrolle* findet der Austausch von Auftragsstatusinformationen statt. Anhand vereinbarter Kriterien kann so die Qualität der Leistungserbringung bewertet werden. Je nach Ergebnis der Transaktion sind *Anpassungen* notwendig. Dies können Kosten für die monetäre Anpassung (z. B. Reduzierung der Entlohnung des Wertschöpfungspartners bei Schlechtleistung) oder für die Pflicht zur Wiederholung von Aufträgen sein. Werden im Rahmen der Anpassung weiterführende Änderungsbedarfe festgestellt, so entstehen Kosten für die Anpassung von Modellen (z. B. Produktspezifizierung) oder für die Veränderungen von Vergütungsstrukturen.
Als Anforderungen an das Mass Customization Informationssystem ergeben sich aus der Transaktion zwischen MC-Koordinator und Produzent folgende Anforderungen. Die Prämisse, dass Mass Customization Wertschöpfungssysteme aus mehr als zwei Akteuren bestehen, bedingt die Möglichkeit zum Austausch von Individualisierungsinformationen zwischen den beteiligten Unternehmen. Produktspezifikationen müssen demnach derart explizit gemacht werden, dass eine informationstechnische Übertragung möglich ist und der direkte Bezug zum Produktmodell bestehen bleibt. Unternehmen übernehmen in Wertschöpfungssystemen unterschiedliche Aufgaben (z. B. Produktion, Distribution etc.). Neben der Anforderung, den Kunden als Wertschöpfungspartner in die Betrachtung einzubeziehen, umfasst eine Klassifizierung der Akteure die Beschreibung von Unternehmen und deren Produkt- bzw. Leistungsangebot. Erfolgt die Bildung von Wertschöpfungssystemen für Mass Customization anhand der Kernkompetenzen, übernehmen die Akteure jeweils spezifische Teilaufgaben (z. B. Spezifizierungs-, Fertigungs- oder Distributionsprozess). Die Klassifikation von Wertschöpfungspartnern unterstützt die Zuordnung von Unternehmen zu den anfallenden Aufgaben und muss in das Mass Customization Informationssystem integriert werden.

3.3.2.4 Transaktion „Produzent – Zulieferer 1. Stufe“

Übernimmt der Produzent nur einen Teil der Fertigung und bezieht dafür vorgefertigte Produktkomponenten, arbeitet dieser mit Zulieferern zusammen. Zulieferer der ersten Stufe arbeiten direkt mit dem Produzenten zusammen. Je nach Lage des Entkopplungspunktes übernehmen Zulieferer die Bereitstellung ausschließlich standardisierter Produktbestandteile oder sie liefern auch auftrags- bzw. kundenspezifische Komponenten. Die Human- und Umweltfaktoren der Transaktion zwischen dem Produzenten und einem Zulieferer der ersten Stufe sind in Tabelle 8 dargestellt.
In der Interaktion zwischen dem Produzenten und einem Zulieferer werden Zulieferaufträge vergeben. Dabei muss das Mass Customization Informationssystem die Ermittlung geeigneter Wertschöpfungspartner unterstützen. Die Unterscheidung von standardisierten und individuellen Produktbestanteilen ist notwendig, da dies die Weitergabe von produktbezogenen Infor-

mationen beeinflusst. Bei standardisierten Teilen kann die Beschaffung kundenneutral erfolgen, außerdem sind nur Bestandteile des Produktmodells erforderlich. Hingegen ist bei der Beschaffung von individuellen Produktbestandteilen die Weitergabe von Informationen über einen einzelnen Kundenauftrag in Form der Produktspezifikation Voraussetzung für die Erstellung der Zulieferteile. Individualisierte Produktbestandteile weisen zugleich eine geringe Häufigkeit identischer Transaktionen, ein hohes Risiko aufgrund von Unsicherheit und eine hohe Spezifität auf. Sind individuell hergestellte Produktbestandteile lediglich für einen bestimmten Auftrag verwendbar, so entstehen Kosten bei alternativer, effizienzreduzierter Verwendung. Standardisierte Produktbestandteile können massenhaft beschafft werden. Die Transaktion kann somit häufig stattfinden. Außerdem sind das Risiko und die Spezifität gering. Je nach Individualisierungsgrad des Sachgutes muss der Produzent einem Zulieferer über das Mass Customization Informationssystem Zugriff auf das Produkt- oder Produktspezifikationsmodell ermöglichen.

Bei der *Anbahnung* der Transaktion entstehen Kosten für die Spezifizierung des Zulieferbedarfs sowie für die Ermittlung und Bewertung potenzieller Zulieferer. Sind für die Auswahl von geeigneten Wertschöpfungspartnern produktbezogene Informationen notwendig (z. B. bei Beschaffung individueller Produktbestandteile), so müssen diese ausgetauscht werden. Bei der *Vereinbarung* des Transaktionsgegenstandes müssen Schnittstellen und die Bedingungen des Datenaustausches für den Zulieferauftrag festgelegt werden. Dies umfasst auch die Verhandlung von Lieferzeiten, Preisen und Lieferkonditionen. In der *Abwicklung* fallen Transaktionskosten für das Versenden von Auftragsinformationen und die Annahme eingegangener Bestellungen an. Die Kosten für die Abwicklung von Aufträgen über individualisierte Produktbestandteile sind dabei höher, da neben produkt- auch kundenbezogene Informationen ausgetauscht werden müssen. Im Rahmen der *Kontrolle* der Transaktion zwischen Produzent und Zulieferer wird die Auftragserfüllung überwacht. Dies umfasst die Einhaltung von vereinbarten Rahmenbedingungen (z. B. Lieferzeit) und den Grad der Leistungserfüllung hinsichtlich des Transaktionsgegenstandes. Bei der Beschaffung individueller Produktbestandteile entstehen zudem Kosten für die Überprüfung der Einhaltung der Produktspezifikation. Kosten für die *Anpassung* der Transaktion fallen an, falls ein Wechsel von Wertschöpfungspartnern während eines Auftrags oder nach Auftragsabschluss notwendig wird. Ein Wechsel während eines Auftrags verursacht höhere Kosten, da die Unsicherheit hinsichtlich der Einhaltung der Gesamtleistung des Wertschöpfungssystems größer ist und bei Abhängigkeit der Transaktion von bestimmten Zulieferern hohe Spezifität vorliegt.

Humanfaktoren		**Bewertung**
Akteur 1: Produzent	**Begrenzte Rationalität**	▪ Kompetenzen der Zulieferer sind nur unvollständig zu erfassen und zu bewerten
	Opportunistisches Verhalten	▪ Ausschließliche Auslagerung unrentabler Produktionsschritte
Akteur 2: Zulieferer 1. Stufe	**Begrenzte Rationalität**	▪ Zulieferer kennt nur Ausschnitte des Auftrags und kann Gesamtprodukt möglicherweise nicht überblicken
	Opportunistisches Verhalten	▪ Ausnutzen der einseitigen Abhängigkeit des Produzenten von bestimmten Zulieferern in Vertragsverhandlungen bzw. bei der Vertragserfüllung

Umweltfaktoren	**Bewertung im Fall von Mass Customization**	**TK-Wirkung**
Unsicherheit	▪ Bei Zulieferung standardisierter Komponenten: Keine größere Unsicherheit im Vergleich zur Fertigung standardisierter Produkte	O
	▪ Bei Zulieferung kundenindividueller Komponenten: Höheres Verlustrisiko, falls Spezifizierungsinformationen nicht korrekt sind oder deren Übertragung fehlerhaft war	+
Spezifität	▪ Wenn der Zulieferer nur mit einem Produzenten zusammenarbeitet und hierbei produktbezogene Sonderanfertigungen notwendig sind, erfolgen spezifische Investitionen in die Zusammenarbeit ▪ Wenn der Produzent nur mit einem MC-Koordinator zusammenarbeitet, erfolgen spezifische Investitionen in die Zusammenarbeit	+
Häufigkeit	▪ Bei Zulieferung standardisierter Komponenten: Keine Veränderung der Häufigkeit im Vergleich zur Fertigung standardisierter Produkte	O
	▪ Bei Zulieferung kundenindividueller Komponenten; Anzahl identischer Transaktionen nimmt ab	+

Tabelle 8: Charakterisierung der Transaktion „Produzent – Zulieferer 1. Stufe“

Der Produzent bildet durch die Transaktionen mit Zulieferern den Ausgangspunkt des Produktionsnetzwerks. Im Vergleich mit den bislang dargestellten Transaktionen ist die Verflechtung zwischen Wertschöpfungspartnern bei Transaktionen innerhalb des Produktionsnetzwerkes höher. So weist jedes instanziierte Wertschöpfungssystem für einen bestimmten Auftrag einen Spezifizierungsintermediär, einen MC-Koordinator und einen Produzenten auf. Zur Herstellung des Sachgutes ist jedoch in Abhängigkeit von dem Produktmodell und von dem Umfang der Individualisierbarkeit eine Vielzahl von Zulieferern beteiligt. Neben einer inhaltlichen Beschreibung des Leistungsangebotes von Unternehmen muss deren organisatorische Einbindung unterstützt werden. Hierzu gehören Auswahl- und Bewertungsprozesse,

auf deren Basis die Entscheidung getroffen werden kann, mit welchen Unternehmen zusammengearbeitet wird. Der Bedarf der Identifizierung potentieller Geschäftspartner besteht hierbei sowohl aus Sicht des Leistungsanbieters als auch seitens des Leistungsnachfragers. Ein Leistungsanbieter veröffentlicht das Leistungsangebot mit dem Ziel, den Bedarf von Leistungsnachfragern zu adressieren (Bottom-Up-Perspektive). In gleicher Weise veröffentlichen Leistungsnachfrager ihren Bedarf, um potentielle Leistungsanbieter für die Zusammenarbeit in Wertschöpfungssystemen zu ermitteln (Top-Down-Perspektive). Die Spezifizierung von Wertschöpfungsaktivitäten mit einer Zuordnung der Akteure ist hierbei eine Anforderung an das Mass Customization Informationssystem, um Wertschöpfungssysteme aufbauen und repräsentieren zu können.

3.3.2.5 Transaktion „Zulieferer x. Stufe – Zulieferer y. Stufe“

Erteilt ein Zulieferer weitere Unteraufträge, so entsteht eine Zusammenarbeit mit Zulieferern der 2. oder n. Stufe (bei mehrfacher Hierarchisierung). Auch für diese Transaktion besteht die Entscheidung, ob der Transaktionsgegenstand eine standardisierte oder eine kundenindividuelle Leistung umfasst. Erfolgt die Beschaffung individueller Bestandteile bei einem Zulieferer der 2. bis n. Stufe, so liegt auch der Entkopplungspunkt bei diesem. Somit liegt ein geringerer Vorfertigungsgrad vor, da die auftragsbezogene Produktion bereits bei vorgelagerten Wertschöpfungsstufen beginnt. Die Human- und Umweltfaktoren der Transaktion zwischen zwei Zulieferern sind in Tabelle 9 dargestellt.
Das Mass Customization Informationssystem muss auch die Anforderungen aus Sicht der Transaktion zwischen zwei Zulieferern erfüllen. Aufgrund der Mehrstufigkeit des Wertschöpfungssystems, die sich auch auf die Zulieferstrukturen auswirkt, besteht das Produktionsnetzwerk aus mehreren aufeinander aufbauenden Zulieferbeziehungen. Somit umfassen Transaktionen zwischen zwei Zulieferern (z. B. Zulieferer der 1. Stufe und Zulieferer der 2. Stufe) die Weitergabe von Zulieferaufträgen. Die Unterscheidung in individualisierte und standardisierte Produktbestandteile muss auch hier beibehalten werden. Allerdings bedingt die gewählte Darstellungsform des Wertschöpfungssystems eine Begrenzung der Wertschöpfungspartner. Dies kann dadurch erreicht werden, dass im Wertschöpfungssystem ausgehend von der letzten Transaktion mit einem individualisierten Produktbestandteil eine weitere Wertschöpfungsstufe betrachtet wird. Liefert beispielsweise noch ein Zulieferer der 2. Stufe individuelle Produktbestandteile, so muss das Wertschöpfungssystem und somit auch das Mass Customization Informationssystem Zulieferer der 3. Stufe abbilden können. Für die Transaktion zwischen Zulieferern ist die Auswahl geeigneter Wertschöpfungspartner Voraussetzung einer erfolgreichen Leistungserbringung. Veränderungen an dem Wertschöpfungssystem können aufgrund interner und externer Einflüsse stattfinden. Innere Einflüsse können beispielsweise produktbezogene Veränderungen sein, die eine Anpassung der Zulieferstruktur erfordern. Externe Einflüsse sind auf Veränderungen einzelner Wertschöpfungspartner zurückzuführen (z. B. Lagerengpass bei einem Zulieferer, Produktionsengpass bei einem Produzenten).

Humanfaktoren		Bewertung
Akteur 1: Zulieferer x.Stufe	**Begrenzte Rationalität**	▪ Kompetenzen der Zulieferer sind nur unvollständig zu erfassen und zu bewerten
	Opportunistisches Verhalten	▪ Ausschließliche Auslagerung unrentabler Produktionsschritte
Akteur 2: Zulieferer y. Stufe	**Begrenzte Rationalität**	▪ Zulieferer kennt nur Ausschnitte des Auftrags und kann Gesamtprodukt möglicherweise nicht überblicken
	Opportunistisches Verhalten	▪ Ausnutzen der einseitigen Abhängigkeit des Produzenten von bestimmten Zulieferern in Vertragsverhandlungen bzw. bei der Vertragserfüllung ▪ Versuch wird unternommen, Varianten standardisierter Bestandteile anstelle von individuellen Komponenten anzubieten

Umweltfaktoren	Bewertung im Fall von Mass Customization	TK-Wirkung
Unsicherheit	▪ Bei Zulieferung standardisierter Komponenten: Keine größere Unsicherheit im Vergleich zur Fertigung standardisierter Produkte	O
	▪ Bei Zulieferung kundenindividueller Komponenten: Verlustrisiko, falls Spezifizierungsinformationen nicht korrekt sind oder deren Übertragung fehlerhaft war	+
Spezifität	▪ Wenn Zulieferer nur mit bestimmten Zulieferern zusammenarbeitet und hierbei produktbezogene Sonderanfertigungen notwendig sind, erfolgen spezifische Investitionen in die Zusammenarbeit	+
Häufigkeit	▪ Bei Zulieferung standardisierter Komponenten: Keine Veränderung der Häufigkeit im Vergleich zur Fertigung standardisierter Produkte	O
	▪ Bei Zulieferung kundenindividueller Komponenten: Anzahl identischer Transaktionen nimmt ab	+

Tabelle 9: Charakterisierung der Transaktion „Zulieferer x. Stufe – Zulieferer y. Stufe"

Auch in der Transaktion zwischen zwei Zulieferern entstehen in der *Anbahnungsphase* Kosten für die Bestimmung des Zulieferbedarfs sowie die Ermittlung und Bewertung geeigneter Zulieferer. Jeder Zulieferer führt die Transaktion in Abhängigkeit von dem Produktmodell und dessen Positionierung im Wertschöpfungssystem durch. *Vereinbarungskosten* treten auf, da vor Abwicklung der Transaktion die geforderte Leistung der Wertschöpfungspartner festgelegt werden muss. Dies umfasst den Austausch von Produkt- und Produktspezifikationsdaten bei individuellen Produktbestandteilen und Produktdaten bei standardisierten Produktbestandteilen. Transaktionskosten bei der *Abwicklung* begründen sich durch den Austausch von Auftragsinformationen und den Anlauf der Leistungserbringung. Dies umfasst den Beginn der

Herstellung von Produktbestandteilen und die Auslieferung an den Auftraggeber einer Beschaffungstransaktion. Kosten für Anpassungen der Transaktionen treten wie bei den bereits dargestellten Transaktionen auf, falls eine Schlechtleistung eingetreten ist oder ein Veränderungsprozess die Überarbeitung der Produkte und der damit zusammenhängenden Modellen notwendig macht. Grundsätzlich umfassen Anpassungskosten monetäre Ausgleiche oder entstehen bei der Veränderung von Transaktionspartnern.
In Hinblick auf die zu entwerfende Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme besteht eine weitere Anforderung in der Unterstützung der dynamischen Bildung von Wertschöpfungssystemen. Das Produktangebot im Rahmen von Mass Customization ist potentiell kurzlebiger und stetiger Änderung unterworfen. Gründe hierfür sind sowohl die Produktanpassung auf Basis von Kundenwünschen als auch die Reaktion auf Veränderungen der Marktbedingungen. In der Folge sind Änderungen an den Individualisierungsoptionen (Hinzu- oder Wegnahme von Individualisierungsoptionen, Anpassung des Wertebereiches von Individualisierungsoptionen etc.), die Anpassung des Wertschöpfungssystems und ggf. die Aufnahme neuer Unternehmenskooperationen notwendig. Mass Customization Informationssysteme müssen demnach die dynamische Bildung von Wertschöpfungssystemen unterstützen. Die Verlagerung von Wertschöpfungstiefe auf vorgelagerte Stufen und die Bestimmung des Vorfertigungsgrades fordern zugleich die Bildung mehrstufiger Logistikketten, d. h. die Leistungserstellung über mehr als eine Fertigungsstufe hinweg.

3.3.3 Würdigung der Eignung der Transaktionskostentheorie zur Anforderungsanalyse für Mass Customization Informationssysteme

Mittels Transaktionskostentheorie können die Interaktionen zwischen den Akteuren des Mass Customization Wertschöpfungssystems untersucht werden. Die Verwendung des *Operational Failure Frameworks* von Williamson ermöglicht, Einflussfaktoren auf die Höhe von Transaktionskosten zu betrachten. Wie die transaktionskostentheoretische Untersuchung zeigt, treten im Vergleich zur Produktion von standardisierten Sachgütern in einem Mass Customization Wertschöpfungssystem zusätzliche Transaktionskosten auf. Zunächst ist ein Akteur der Rolle „Spezifizierungsintermediär" notwendig. Damit wird die Zahl der Wertschöpfungsakteure erhöht. Weiterhin wirken sich die zunehmende Unsicherheit aufgrund der Individualisierbarkeit und die Reduktion identischer Transaktionen aufgrund der auftragsbezogenen Abwicklung erhöhend auf die Koordinationskosten zwischen den Akteuren aus. Ausgehend von dem Ansatz, dass günstige technologische Rahmenbedingungen zur Senkung von Transaktionskosten beitragen können, werden die Umweltfaktoren von Williamson für die Ableitung der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme herangezogen. Jede Transaktion des Mass Customization Wertschöpfungssystems wird dafür anhand der Spezifität, Unsicherheit und Häufigkeit bewertet. Die sich daraus ergebenden transaktionsbezogenen Anforderungen sind Zwischenergebnis der theoriebasierten Analyse. Die akteursbezogenen Merkmale von Transaktionen wurden in der Untersuchung berücksichtigt, aufgrund der nachfolgenden

Analyse mittels Prinzipal-Agenten-Theorie werden diese jedoch in Abschnitt 3.4 ausführlich diskutiert. Trotz der Anwendbarkeit der Transaktionskostentheorie für die Ableitung von IS-Anforderungen muss auf folgende Defizite verwiesen werden [EbGo99, 243-249]:

- Quantitative Analysen sind aufgrund von Defiziten in der Operationalisierung von Transaktionscharakteristika und in der Messung von Produktions- und Transaktionskosten kaum möglich,
- die Annahme von opportunistischem Verhalten reduziert die Perspektive auf eine einseitige Betrachtung der Realwelt und vernachlässigt verantwortungsvolles Handeln,
- Formen institutioneller Arrangements sind wenig differenziert entwickelt und berücksichtigen keine komplexen Organisationsformen,
- Vernachlässigung weiterer Einflussfaktoren wie z. B. Machtverhalten oder Transaktionsnutzen [vgl. Jäge04, 98-103].

Die empirische Aussagekraft der Transaktionskostentheorie ist ohne Quantifizierungen gering, dennoch lassen sich auf einem hohen Abstraktionsgrad allgemeine Tendenzaussagen ableiten [EbGo99, 248-249]. Damit bleibt die Transaktionskostentheorie geeignet für die vorliegende Arbeit.

3.4 Analyse der Anforderungen an MC-Informationssysteme mittels Prinzipal-Agenten-Theorie

Während im vorangegangenen Kapitel die Analyse der Transaktionsbeziehungen im Vordergrund standen, werden im Folgenden die Eigenschaften von Akteuren in Austauschbeziehungen fokussiert und anschließend die davon abgeleiteten Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme präzisiert. Obgleich auch innerhalb der Transaktionskostentheorie die Eigenschaften der Akteure eine Einfluss nehmende Rollen spielen (vgl. Verhaltensannahmen), bleiben jedoch kostenwirksame Ableitungen der spezifischen Akteurskonstellationen und -eigenschaften meist unberücksichtigt. Für eine ökonomische Analyse des Verhaltens von Akteuren wird die Prinzipal-Agenten-Theorie herangezogen. Ausgangspunkt der theoretischen Analyse ist die Erstellung individueller Leistungen zwischen Transaktionspartnern. Austauschbeziehungen dieser Art (Erstellung von individuellen Leistungen bzw. Kontraktgütern) erfüllen die Voraussetzung, um als Prinzipal-Agenten-Problem betrachtet werden zu können [Kaas92, 889; Kaas95b, 40-41] (vgl. Abschnitt 2.1.2.2.1).

Nachfolgend wird die Analyse der Akteure der Transaktionen im Mass Customization Wertschöpfungssystem vorgenommen. Dabei werden die Akteure als Bestandteil der Austauschbeziehungen hinsichtlich ihrer Implikationen für Mass Customization Informationssysteme untersucht. Berücksichtigt werden die auftretenden Probleme in Agenturbeziehungen, die damit verbundenen Agenturkosten und deren Einflussfaktoren. Ergebnis des Abschnittes sind akteursbezogene Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme. Diese umfas-

sen aus Sicht der Prinzipal-Agenten-Theorie die inhaltliche Ausgestaltung von Austauschbeziehungen als Maßnahmen zur Beseitigung von kostenwirksamen Informationsasymmetrien.

3.4.1 Die Prinzipal-Agenten-Theorie als Instrument der Anforderungsanalyse

3.4.1.1 Grundkonzepte der Prinzipal-Agenten-Theorie

3.4.1.1.1 Vertragstheoretisches Organisationskonzept

Aus Sicht der Prinzipal-Agenten-Theorie bestehen Organisationen mit ihren Umweltbeziehungen aus Netzwerken von Verträgen. Das Konstrukt „Vertrag“ ist wesentlicher Bestandteil der Theorie [EbGo99, 211] (vgl. Vertragstheorie [JeMe76, 310]). Verträge werden implizit oder explizit geschlossen und treten beispielsweise als Arbeits-, Kauf oder Versicherungsverträge auf. Da Organisationen somit aus einer Vielzahl von Vertragsbeziehungen zwischen Individuen bestehen, negiert die Prinzipal-Agenten-Theorie Ziele von Organisationen zugunsten ausschließlicher Ziele von Individuen [EbGo99, 210]. Die Annahme der Informationsasymmetrie findet auch im zugrunde liegenden Organisationskonzept Berücksichtigung. Vollständige Informationen, die zum Abschluss des Vertrags notwendig wären, können nie gesammelt werden. Verträge weisen demnach einen unvollständigen Charakter auf, d. h. bei Vertragsabschluss sind nicht alle Vereinbarungen vollständig und widerspruchsfrei spezifiziert. Dieses Umstandes sind sich die Individuen innerhalb der Prinzipal-Agenten-Theorie bewusst und vereinbaren deshalb Mechanismen, die Probleme bei der Bearbeitung der übertragenen Aufgabe verhindern sollen [EbGo99, 210].

Das Mass Customization Wertschöpfungssystem kann als Netzwerk mehrerer Verträge zwischen den Wertschöpfungspartnern aufgefasst werden. Im Vordergrund stehen dabei aus Sicht der Prinzipal-Agenten-Theorie die Ziele der Akteure. Dies begründet das Verständnis, dass Akteure als einzelne, autonom handelnde Einheiten betrachtet werden. Das Ziel der organisatorischen Einheit „Wertschöpfungssystem“ drückt sich jedoch in den Zielen des Akteurs „MC-Koordinator“ aus, der für die Errichtung des Wertschöpfungssystems und die Abwicklung der Aufträge gegenüber den Kunden verantwortlich ist. Neben der generell dargestellten Unvollständigkeit von Verträgen verstärkt sich bei Mass Customization die Unsicherheit aufgrund der Produktspezifizierung und der Dynamisierung des Wertschöpfungssystems. Erstgenannter Aspekt lässt sich mit der Tatsache begründen, dass die Leistungsbereitstellung beginnt, bevor der vertragliche Gegenstand des Auftrags – das zu individualisierende Produkte – vollständig spezifiziert wurde. Erst innerhalb der Interaktion zwischen Kunde und dem Spezifizierungsintermediär werden alle notwendigen Produktparameter ermittelt und für den Auftrag vorbereitet. Daraus ergibt sich für die Wertschöpfungspartner die Unsicherheit, individualisierte Produktbestandteile nicht, nicht rechtzeitig oder nicht ökonomisch in der geforderten Spezifikation bereitstellen zu können. Der zweite Aspekt, die Dynamisierung, ergibt sich aus

der Tatsache, dass innerhalb von Mass Customization Wertschöpfungssystemen eine Arbeitsteilung stattfindet und die Zusammensetzung der Akteurskonstellation an jeden Auftrag angepasst werden kann. Damit besteht die Unsicherheit einerseits in fehlenden Informationen über neue Wertschöpfungspartner und andererseits in der Gefahr für Akteure von Austauschbeziehungen, durch andere Akteure ersetzt zu werden. Schließlich führt die Mehrstufigkeit des Wertschöpfungssystems zu einer Selbstverstärkung der Gefahr unvollständiger Verträge. So können sich unvollständige Produktspezifikationen als Austauschbeziehung zwischen Kunde und Spezifizierungssystem bei der Beschaffung individueller Produktbestandteile auch auf einen Zulieferer auswirken.

Die Herstellung von individuellen Leistungen und insbesondere von Kontraktgütern führt zu einer Akteursbeziehung, welche die Eigenschaften von Prinzipal-Agenten-Problemen aufweist. Die Individualisierung von Gütern setzt eine Ermittlung der Individualisierungswünsche voraus. Der Erfolg einer Austauschbeziehung ist somit davon abhängig, inwieweit es dem anbietenden Akteur gelingt, die Wünsche und Anforderungen des nachfragenden Akteurs zu explizieren und innerhalb der Leistungserstellung umzusetzen. Dies bewirkt Unsicherheiten für beide Akteure: Der Nachfrager (Kunde) kann die Qualität des bestellten Produktes ex ante nicht beurteilen (vgl. Vertrauenseigenschaften in Abschnitt 3.1.2.1), der Hersteller hingegen kann die Qualität der geäußerten Individualisierungsinformationen nicht bewerten. Unsicherheiten begünstigen jedoch den Einsatz opportunistischen Verhaltens, der die beiderseitige Zielerreichung unmöglich macht. Die Zusammenarbeit von Akteuren zur Herstellung von individuellen bzw. Kontraktgütern kann daher als Prinzipal-Agenten-Beziehung beurteilt werden [Kaas92, 889] (vgl. Abschnitt 2.1.2.2.1).

3.4.1.1.2 Akteure der Austauschbeziehungen: Prinzipal und Agent

Wie auch bereits die Transaktionskostentheorie bezieht die Prinzipal-Agenten-Theorie (auch: Agenturtheorie) ihr Theoriefundament aus Prämissen der Informationsökonomik (unvollständige Informationen und deren asymmetrische Verteilung zwischen Akteuren). Innerhalb von Prinzipal-Agenten-Beziehungen überträgt ein Auftraggeber („Prinzipal“) die Verantwortung für eine zu bestimmende Aufgabe an einen Auftragnehmer („Agent“). Aufgrund dieser allgemeinen Beschreibung kann eine Vielzahl real existierender Austauschbeziehungen aus agenturtheoretischer Perspektive betrachtet werden: Arbeitgeber – Arbeitnehmer, Verkäufer – Käufer, Vormund – Schutzbefohlener etc. Die Übertragung der Aufgabe hat für beide Austauschpartner Vor- und Nachteile: Aus Sicht des Prinzipals besteht der Vorteil darin, dass er Ressourcen (z. B. Arbeitskraft, Maschinen etc.) und Kompetenzen (z. B. Informationsvorsprünge) des Agenten nutzen kann. Der Agent wiederum profitiert von einer Spezialisierung auf bestimmte Aufgaben, die andere Agenten nicht oder mit ineffizienterem Ressourcenverbrauch übernehmen können. Nachteilig wirkt sich die Übertragung dadurch aus, dass der Prinzipal nur begrenzte Informationen über die tatsächlichen Fähigkeiten und die Ziele des Agenten haben kann. Somit ergibt sich die Unsicherheit, ob der Agent vollständig im Sinne

des Prinzipals agiert oder ggf. in der Austauschbeziehung eigenen Interessen den Vorzug gibt [EbGo99, 211]. Innerhalb der Prinzipal-Agenten-Theorie werden Informationsunsicherheiten meist ausschließlich aus Sicht des Prinzipals betrachtet [EbGo99, 222]. Doch auch für Agenten bestehen Risiken bei der Übernahme von Aufgaben: Unvollständige Informationen können die erfolgreiche Abwicklung von Aufgaben unmöglich machen oder Prinzipale können bei der Übertragung der Aufgabe opportunistisches Verhalten ausweisen und damit den Agenten bei der übernommenen Aufgabe schaden.

Akteure handeln innerhalb der Prinzipal-Agenten-Theorie nach der Verhaltensmaxime, ihren beidseitig erwarteten Nutzen zu maximieren. Weiterhin müssen folgende Eigenschaften der Akteure berücksichtigt werden [EbGo99, 211]:

- Akteure verhalten sich nach stabilen und konsistenten Präferenzen,
- Akteure haben individuelle Nutzenfunktionen mit monetären und nicht-monetären Zielen,
- Akteure handeln möglicherweise opportunistisch,
- Akteure weisen eine rationale Handlungsorientierung auf,
- Akteure haben unterschiedliche Risikoneigung (Prinzipal: risikoneutral; Agent: risikoavers).

Jede Transaktion des Mass Customization Wertschöpfungssystems kann als Austauschbeziehung im Sinne der Prinzipal-Agenten-Theorie verstanden werden. Somit weisen alle Transaktionen mindestens zwei Akteure auf, denen jeweils die Rolle des Prinzipals oder des Agenten zukommt. In jeder Austauschbeziehung übernimmt ein Akteur bestimmte Aufgaben für einen anderen Akteur (z. B. Produzent übernimmt die Fertigung des Produktes für den MC-Koordinator). Gründe für die Aufgabenverteilung liegen einerseits in der Effizienzforderung der Strategie Mass Customization selbst und können anderseits mit Spezialisierungs- und Größenvorteilen begründet werden. Dies führt zur Entscheidung, inwieweit Akteure sich vertikal integrieren und die Aufgaben vor- oder nachgelagerter Akteure übernehmen. In der Prinzipal-Agenten-Theorie wird meist dem Agenten ein vergrößerter Handlungsspielraum zugesprochen, der in der Gefahr für opportunistisches Handeln zum Ausdruck kommt. Dies unterstellt, dass ein Akteur mehr Informationen über den Gegenstand der Austauschbeziehung besitzt als der Prinzipal und der Akteur die Aufgabenerfüllung einseitig für sich vorteilhaft durchführt. Es bleibt jedoch anzumerken, dass auch ein Prinzipal als Auftraggeber Verhandlungsmacht besitzt. So sind Akteure, die als Agenten für Austauschbeziehungen auftreten wollen, darauf angewiesen, von Prinzipalakteuren Aufträge zu erhalten. Gerade bei einer Dynamisierung von Wertschöpfungssystemen, die eine Anpassung der Austauschbeziehungen nach sich zieht, besteht aus Sicht des Agenten die Gefahr der Austauschbarkeit. Die innerhalb von Agenturbeziehungen entstehenden Probleme müssen zur effektiven Gestaltung von Verträgen beseitigt werden. Hierfür werden nachteilige Auswirkungen der Aufgabenverteilung monetär bewertet und als Agenturkosten bezeichnet.

Die Analyse eines mehrstufigen Mass Customization Wertschöpfungssystems darf sich nicht auf eine Transaktion zwischen Endkunden und Hersteller beschränken. Je nach Produkt, Herstellungsprozess und Lage des Entkopplungspunktes finden auch in vorgelagerten Austauschbeziehungen Individualisierungsschritte statt. Aufgrund der Reziprozität von Prinzipal-Agenten-Beziehungen muss die Analyse weiterhin die Wechselseitigkeit der Zuordnung der Rollen (Prinzipal oder Agent) berücksichtigen. Temporale Gesichtspunkte und die Häufigkeit des Wechsels der Rollen werden hierbei vernachlässigt. Der wesentliche Faktor bleibt, dass Vor- und Nachteile der Delegation von Aufgaben im Sinne der Agenturtheorie auf beiden Seiten der Austauschbeziehung auftreten.

3.4.1.1.3 Agenturkosten als Bestimmungsfaktor der Vertragsgestaltung

Das Effizienzkriterium der Prinzipal-Agenten-Theorie ist die Vorteilhaftigkeit alternativer Vertragsgestaltungen. Eine Bewertung findet anhand der entstehenden Agenturkosten statt. Als Agenturkosten werden Kosten bezeichnet, die aufgrund der Abweichung von einem vollständigen Vertrag entstehen (z. B. durch nachträgliche Detaillierung des Vertrags oder Durchsetzung von impliziten Vertragsgegenständen). Jensen und Meckling unterscheiden hierbei folgende drei Kostentypen [JeMe76, 308]:

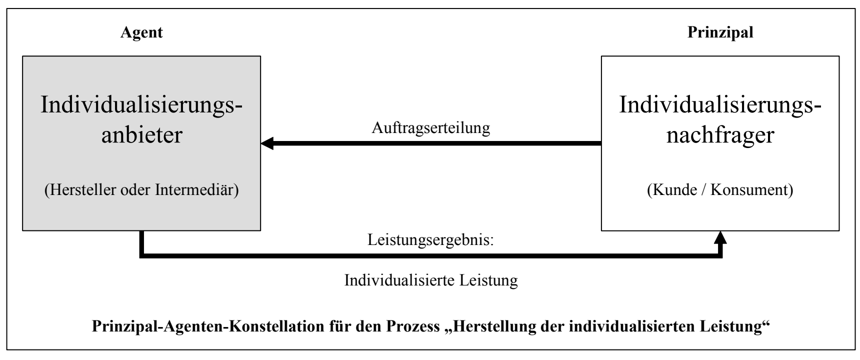
- Steuerung- und Kontrollkosten („monitoring expenditures“),
- Garantiekosten („bonding expenditures“),
- Residualkosten.

Steuerungs- und Kontrollkosten sind Kosten, die der Prinzipal dafür aufwendet, um Quantität und Qualität der Auftragserfüllung bzw. der Leistungserstellung zu verbessern (z. B. Kosten für Vertragsgestaltung, Vertragsüberwachung und Gestaltung von Anreizsystemen). *Garantiekosten* sind Kosten des Agenten für die Sicherstellung seines Handelns im Sinne des Prinzipals. Hierunter werden Kosten der Selbstkontrolle oder der Schadenersatzverpflichtung etc. verstanden. Den *Residualkosten* entspricht schließlich der Wohlfahrtsverlust für den Prinzipal, der sich aufgrund der Aufgabenerfüllung durch den Agenten ergibt. Es wird somit angenommen, dass das Nutzenmaximum aus Sicht des Prinzipals aufgrund der Agenturbeziehung nie erreicht werden kann. Die größtmögliche Effizienz der Vertragsgestaltung wäre bei dem Erreichen einer pareto-optimalen Situation erreicht, welche keine Agenturkosten hervorrufen würde. Aufgrund der Annahme unvollständiger Informationen ist diese Idealsituation aus Sicht der Prinzipal-Agenten-Theorie nicht möglich und bleibt eine theoretische Annahme [EbGo99, 212; vgl. Ross73, 138]. Demnach verweisen die Vertreter der Prinzipal-Agenten-Theorie darauf, dass diejenige Vertragskonstellation die größten Vorteile aufweist, welche aus Sicht der Agenturkosten relativ die größte Effizienz aufweist. Agenturkosten können somit entweder durch die Vertragsgestaltung verhindert werden oder es müssen vor Vertragsschluss Maßnahmen zu deren Senkung getroffen werden.

Überträgt man das Verständnis von Agenturkosten auf das Mass Customization Wertschöpfungssystem, so lassen sich Steuerungskosten in Form von Kosten für Informationsermittlung und den -austausch über aktuelle und zukünftige Wertschöpfungspartner erkennen. Außerdem bedingt die Individualisierbarkeit der Produkte, dass die vorhandenen Unsicherheiten bei Mass Customization Produkten im Vergleich zur standardisierten Produktion auf Lager nicht im Sinne unvollständiger Verträge unberücksichtigt bleiben, sondern die Freiheitsgrade aufgrund der Produktspezifikation bereits in die Gestaltung der Verträge aufgenommen werden. Dies kann beispielsweise über die Festlegung von Wertebereichen (z. B. bei geometrischen Parametern) oder Komponentenlisten (z. B. bei materialbezogenen Parametern) vorgenommen werden. Neben den Kosten für die Steuerung fallen im Mass Customization Wertschöpfungssystem Garantiekosten an, um die Abwicklung des kundenindividuellen Auftrags sicherzustellen. Von spezifischer Bedeutung sind hierbei jeweils diejenigen Austauschbeziehungen, die in Zusammenhang mit der Individualisierung stehen (z. B. Produktspezifizierung, Fertigung, Beschaffung individueller Produktbestanteile etc.). Hier müssen Ausgleichsmechanismen bei Schlechtleistung geschaffen werden, da jede einzelne Transaktion für den Prinzipal aufgrund der Individualisierung kundenspezifisch ist und eine Zweitverwertung für andere Aufträge nicht oder nur mit zusätzlichen Kosten möglich ist. Aufgrund der Mehrstufigkeit sind Prinzipal-Agenten-Austauschbeziehungen Grundbestandteil des Mass Customization Wertschöpfungssystems. Im Vergleich zu einer kompletten Eigenerstellung des individuellen Produktes ohne Errichtung von zusätzlichen Austauschbeziehungen bleibt ein Restrisiko. Residualkosten treten somit bei Mass Customization sowohl aufgrund der überbetrieblichen Perspektive als auch aufgrund der Eigenschaft als Kontraktgut auf. Auch bei weitgehender Reduzierung der Unvollständigkeit von Verträgen bleibt aufgrund der Fertigung der Produkte nach Auftragseingang die Unsicherheit hinsichtlich Leistungserstellung bestehen.

3.4.1.1.4 Reziprozität von Agenturbeziehungen

Eine weitere wesentliche Eigenschaft von Agenturbeziehungen besteht in ihrer Reziprozität [Jaco95, 169; BeDW92, 18]. Mit diesem Merkmal wird die Tatsache beschrieben, dass sich innerhalb einer Austauschbeziehung die Zuordnung der Rollen „Agent“ und „Prinzipal“ im Verlauf der Aufgabenabwicklung einfach oder mehrfach umkehren kann. So wird aus einem bisherigen Agenten ein Prinzipal und umgekehrt (Leistung und Gegenleistung). Diese Eigenschaft spielt für die Analyse der kundenindividuellen Leistungen im weiteren Verlauf eine bedeutende Rolle und wird daher innerhalb der detaillierten Analyse explizit berücksichtigt (vgl. Abschnitt 3.4.2). Die Reziprozität der Prinzipal-Agenten-Beziehung ist in Abbildung 33 für die Austauschbeziehung zwischen einem Individualisierungsanbieter und einem -nachfrager beispielhaft dargestellt. Die Wechselseitigkeit der Beziehung wirkt ausgleichend in Hinblick auf die Unsicherheit bei der Informationsversorgung [KlMa95, 107ff.] und dem Risiko von opportunistischem Handeln der Akteure [Kaas92, 895].



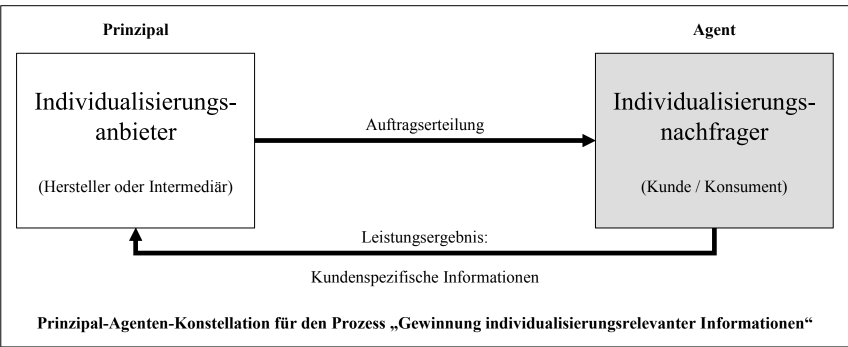


Abbildung 33: Reziproke Prinzipal-Agenten-Beziehungen [in Anlehnung an Jäge04, 106]

Jede Transaktion im Mass Customization Wertschöpfungssystem ist eine reziproke Prinzipal-Agenten-Beziehung. So tritt zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär der Kunde als Prinzipal auf, da er die Produktspezifizierung an den Spezifizierungsintermediär als Agenten übergibt. Zugleich ist aber auch der Kunde ein Agent aus Sicht des Spezifizierungsintermediärs als Prinzipal, da er die Ermittlung einzelner Informationen an den Kunden auslagert. Verdeutlichen lässt sich die daraus ergebende beidseitige Unsicherheit und die damit ausgleichende Wirkung hinsichtlich der Gefahr opportunistischen Handelns anhand der Produktspezifizierung. Der Kunde ist für eine erfolgreiche Auftragsabwicklung darauf angewiesen, dass der Spezifizierungsintermediär auf Basis der ermittelten Informationen die für den Kunden passende Produktspezifikation erstellt. Aus Sicht des Wertschöpfungssystems ist der MC-Koordinator hingegen davon abhängig, dass der Kunde die für die Produktspezifizierung notwendigen Informationen preisgegeben hat.

3.4.1.2 Agenturprobleme in Austauschbeziehungen und deren Auswirkung

Unterschiede in den Interessen der Akteure und eine asymmetrische Informationsverteilung führen zu Problemen in der Abwicklung einer übertragenen Aufgabe (Agenturprobleme). In der Literatur finden sich unterschiedliche Klassifikationen von Agenturproblemen (z. B. [WeTe88] und [Arro85]). Alle weisen im Wesentlichen doch die Unterscheidung in folgende zwei Bereiche auf:

- Probleme mit der Auswirkung vor dem Vertragsabschluss,
- Probleme mit der Auswirkung nach dem Vertragsabschluss und während der Leistungserbringung.

Probleme, die sich bereits vor dem Vertragsabschluss bzw. zwischen Vertragsabschluss und Beginn der Auftragserfüllung auswirken, werden durch das Merkmal der „*hidden characteristics*“ beschrieben [EbGo99, 213]. Hierbei entsteht für den Prinzipal das Problem, dass der Agent Informationsvorsprünge besitzt und diese innerhalb der Vertragsverhandlung für eigene Interessen oder für die des Prinzipals einsetzen kann. Informationen über die Eigenschaften des Vertragsgegenstandes sind nicht symmetrisch zwischen Prinzipal und Agenten verteilt. Verborgene Eigenschaften führen somit zu einer qualitativen Unsicherheit hinsichtlich der zu erwartenden Vertragsleistung [EbGo99, 213; Kurt05, 150]. Beide Aspekte führen dazu, dass der Wert des Vertragsgegenstandes nicht vollständig und objektiv zu bewerten ist. Als Folge ergibt sich eine adverse Selektion („*adverse selection*“), die auch als Negativauslese bezeichnet wird [Aker70; Kurt05, 150]. Hiermit wird eine Situation beschrieben, in der nur diejenigen Leistungen auf Märkten bereitgestellt werden, für die ein im Vergleich zum tatsächlichen und vermittelbaren Wert höherer Preis erzielt werden kann. Im Extremfall – falls Hersteller regelmäßig Güter niedriger Qualität anbieten, Abnehmer dies aber erkennen und vom Vertragsabschluss Abstand halten – kommt es zum Marktversagen [Kurt05, 150]. Verborgene Informationen können innerhalb des Mass Customization Wertschöpfungssystems mehrfach Agenturprobleme hervorrufen. Als spezifisch angesehen werden können die Transaktion zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär, die Mehrstufigkeit und die Dynamisierung des Wertschöpfungssystems. So kann aufgrund einer asymmetrischen Informationsverteilung zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär die Situation eintreten, dass der Spezifizierungsintermediär nicht diejenigen Produktparameter vorschlägt, die aus Sicht des Kunden den größten Nutzen stiften, sondern die aufgrund anderer positiver Eigenschaften aus Sicht des Wertschöpfungssystems sinnvoll sind (z. B. größere Lagerkapazität, bessere Verarbeitungseigenschaften, günstigere Beschaffungskosten für Produktbestandteile). Aus Sicht des Kunden ist eine bestmögliche Leistungserstellung nicht mehr möglich, ihm bleiben diese Informationen jedoch vorenthalten. Die Mehrstufigkeit führt zu vergleichbaren Situationen, in denen beispielsweise Zulieferer statt individueller Produktkomponenten vorgefertigte Komponentenvarianten liefern. Gründe können Kosteneinsparungseffekte aufgrund von Standardisierung oder fehlender Produktionsflexibilität sein. Dies kann zu einer Abweichung von der Produkt-

spezifikation führen. Schließlich bewirkt die Dynamisierung des Wertschöpfungssystems, dass bei einer Aufnahme von Geschäftsbeziehungen mit neuen Wertschöpfungspartnern deren Eigenschaften bekannt sein müssen. Übermitteln neue Akteure falsche oder unzureichende Informationen über ihre Eigenschaften, so werden möglicherweise Austauschbeziehungen mit asymmetrischer Informationsaufteilung hinsichtlich der Kompetenzen und der Ressourcenausstattung des Akteurs ausgestaltet. Diese fehlenden Informationen liegen bereits vor der Vereinbarung über die Transaktion vor, werden aber nicht erkannt und führen zu Fehlverhalten. Adverse Selektion im Rahmen von Mass Customization ist deshalb beispielsweise darin zu sehen, dass ein Wertschöpfungssystem dazu geneigt sein kann, eine geringere Produktqualität anzubieten, da die Kunden nicht in der Lage sind, die kundenindividuellen Produkte vor der Transaktion umfassend bewerten zu können. Eine vergleichbare Situation tritt auf, falls zwischen Produzent und Zulieferer eine Austauschbeziehung errichtet wird und der Produzent die individuell gefertigten Produktbestandteile nicht bewerten kann.

Probleme, die sich während der Leistungserbringung (also nach dem Vertragsabschluss) auswirken, werden auch als „*hidden action*“ bezeichnet [WeTe88, 507ff.; Arro85; EbGo99, 213]. Hierbei bestehen ungleiche Informationsverteilungen zwischen Beginn und Abschluss der Auftragserfüllung bzw. der Auflösung der Prinzipal-Agenten-Beziehung [EbGo99, 213]. Damit erhält der Agent einen Handlungsspielraum, den er bei der Vertragserfüllung für eigene Ziele und Interessen ausnutzen kann. Unter der Annahme, dass Agenten opportunistisch handeln könnten, ergibt sich die Unsicherheit für den Prinzipal, die erreichten Ergebnisse des Agenten objektiv zu bewerten. Obgleich nach Auftragserfüllung (ex post) eine Bewertung möglich ist („Wurde die vereinbarte Leistung erbracht?“), bleibt eine rückwirkende Betrachtung der Ausgangssituation (ex ante) meist unmöglich oder sie ist mit prohibitiven Kosten verbunden. Offen bleibt somit, ob der Agent das für den Prinzipal tatsächlich beste Ergebnis erreicht hat oder ob mit einem anderen, nicht an die Ziele des Agenten angeknüpften Ressourceneinsatz eine Verbesserung möglich gewesen wäre. Diese Situation wird auch als „*moral hazard*“ bezeichnet. Vor Vertragsabschluss hat hierbei der Agent ein Verhalten im Sinne des Prinzipals angekündigt, das tatsächliche Verhalten bei der Auftragserfüllung weicht jedoch davon ab. Die Bewertung einer Schlechtleistung und die Zuordnung von deren Verantwortung werden dadurch verwässert, dass auch externe Einflussfaktoren (z. B. Umweltbedingungen) das Handeln des Agenten verändern können. Wurde aufgrund eines eingegangenen Mass Customization Auftrags das Wertschöpfungssystem angepasst und errichtet, so können verborgene Aktivitäten der Agenten dazu führen, dass es zur Schlechtleistung im Rahmen der Austauschbeziehung kommt. Diese Probleme treten nach Vertragsabschluss (also Errichtung des Wertschöpfungssystems) auf. Die Unsicherheit besteht also in der Vertragserfüllung. So wird ein Kunde als Prinzipal die Einhaltung der Produktspezifikation voraussetzen. Ein anderer Akteur des Wertschöpfungssystems kann jedoch sein Handeln an individuellen Zielen ausrichten. Zu abweichendem Handeln kann es beispielsweise kommen, falls bestimmte Produktbestandteile nicht oder nicht rechtzeitig in der geforderten Spezifikation beschafft werden

können. Dies kann entweder zu einer Verzögerung der Leistungserstellung führen oder zur Verwendung alternativer Ressourcen. In beiden Fällen wird jedoch von dem vertraglichen vereinbarten Gegenstand der Leistung abgewichen. Die Mehrstufigkeit des Wertschöpfungssystems führt dabei zu einer Verlängerung der Informationskette. Würden die Vertragsabschlüsse in Abhängigkeit von dem Vorfertigungsgrad oder dem Grad der Auftragserfüllung getätigt, so könnte Fehlverhalten von Agenten vermieden werden, da die vertragliche Leistung an den bisherigen Auftragsverlauf angepasst werden kann. Die Unsicherheit eines Prinzipals nach erfolgter Aufgabenerfüllung bleibt auch bei Mass Customization bestehen. Es ist offen, ob ein Kunde bei einem anderen Wertschöpfungssystem eine bessere Leistung erhalten hätte. Auch bei der Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems bleibt ungeklärt, ob der Austausch eines einzelnen Wertschöpfungspartners (z. B. alternativer Produzent oder anderer Zulieferer) zu einer verbesserten Leistungserstellung geführt hätte. Die Dynamisierung des Mass Customization Wertschöpfungssystems führt jedoch prinzipiell dazu, dass eine Anpassung aufgrund von Erfahrungen bei vorangegangenen Aufträgen und aufgrund von Umwelteinflüssen schneller durchgeführt werden kann. Liegen Informationen über die Schlechtleistung von einzelnen Akteuren vor, so kann der MC-Koordinator als verantwortlicher Akteur für das Wertschöpfungssystem eine Umstellung der Akteurskonstellation vornehmen.
Innerhalb der Literatur finden sich zwei weitere Aspekte zur näheren Beschreibung ungleicher Informationsverteilung: „*hidden information*“ und „*hidden intention*“. Diese werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht näher erläutert, da eine trennscharfe Verwendung zu den bereits diskutierten Aspekten nicht erfolgt. So zählt die Eigenschaft der „*hidden information*“ zu Informationsproblemen vor Vertragsabschluss und kann prinzipiell den „*hidden characteristics*“ zugeordnet werden. Verborgene Absichten („*hidden intention*“) spielen auch vor einem Vertragsabschluss eine Rolle (Agent hat persönliches Interesse am Zustandekommen der Agenturbeziehung), Auswirkung zeigen diese jedoch erst bei der Auftragerfüllung. Demnach lässt sich diese Eigenschaft auch dem Merkmal der „*hidden actions*“ zuordnen [Kurt05, 149].

3.4.1.3 Ansätze zur Senkung von Agenturkosten

Die auftretenden Informationsasymmetrien verursachen für beide Austauschpartner Kosten. Das Ziel aus Sicht des Effizienzkriteriums (Kostenminimale Agenturbeziehung) ist die Senkung der Agenturkosten bei gleichzeitiger Reduzierung der Gefahr opportunistischen Verhaltens. Um dies erreichen zu können, lassen sich Mechanismen in die vertragliche Vereinbarung einbauen, die eine Disziplinierung von Agenten fördert [EbGo99, 214]. Dies ist prinzipiell möglich mittels einer Einrichtung von Anreizsystemen, Aufnahme von Verhaltensnormen und Verbesserung der Informationslage.
Anreizsysteme beteiligen Agenten an einer erfolgreichen Aufgabenerfüllung. Hiermit wird eine Korrelierung der Ziele des Prinzipals und der des Agenten hervorgerufen [Laux05, 498]. Voraussetzung für die Einrichtung von Anreizsystemen ist die Festlegung objektiv messbarer Bewertungskriterien, anhand derer der Erfolg des Agenten quantifiziert werden kann. Dies ist

zugleich ein wesentliches Defizit dieses Ansatzes zur Reduktion von Agenturkosten, da eine Risikoverschiebung auf den Agenten stattfindet. Wird die vereinbarte Leistung nicht erbracht, geht dies zu Lasten des Agenten, auch wenn die Gründe hierfür nicht vom Agenten zu verantworten sind. Ergebnisorientierte Verträge stehen somit im Spannungsfeld zwischen Ergebnisbeteiligung und Risikoabwälzung. Diese Situation lässt sich jeweils nur im Einzelfall mittels spezifischer Kompromisse auflösen [EbGo99, 215; Hart89]. Aufgrund der Dynamisierung des Mass Customization Wertschöpfungssystems gelten Akteure jeder Wertschöpfungsstufe als austauschbar. Ein Anreizsystem für die Gestaltung von Austauschbeziehungen kann dabei die Aussicht auf eine Verlängerung der Zusammenarbeit bei positiver Leistungserfüllung sein. Gleichzeitig muss aufgrund der Mehrstufigkeit jedoch die Vertretbarkeit einer Schlechtleistung berücksichtigt werden. So wirken sich negative Ergebnisse von Austauschbeziehungen auf vorgelagerten Wertschöpfungsstufen (z. B. zwischen Zulieferer 1. und 2. Stufe) auch auf die weiteren Austauschbeziehungen aus. Eine verspätete Lieferung des Mass Customization Produktes an den Kunden aufgrund einer fehlerhaften Zulieferung von Produktbestandteilen kann ausschließlich dem Produzenten zugerechnet werden.

Ein Ansatz zur direktiven Verhaltenssteuerung von Agenten ist die Aufnahme vertraglich vereinbarter *Verhaltensnormen*, deren Verletzung negativ sanktioniert wird [EbGo99, 215]. Dies setzt eine Festlegung geeigneter Normen und die Kontrolle des Verhaltens voraus. Fehlende positive Anreize für den Agenten und der Mangel an Beobachtbarkeit von dessen Verhalten führen jedoch zu hohen Kosten. Positive Leistungsanreize gelten daher als kostengünstige Maßnahme zur Ausrichtung des Verhaltens von Agenten an die Ziele der Prinzipale [Laux05, 497ff.]. Verhaltensnormen regeln das Umfeld, in dem Transaktionen durchgeführt werden. Mit der Gestaltung der Rahmenbedingungen eines Mass Customization Wertschöpfungssystems werden Unsicherheit in Austauschbeziehungen und das Risiko unvollkommener Verträge internalisiert. So können zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär Vereinbarungen getroffen werden, die einerseits dem Kunden eine Pflicht zur Abnahme der individuellen Produkte auferlegt, das Wertschöpfungssystem jedoch bei fehlerhafter Individualisierung zur Nachbesserung verpflichtet wird. Die Vereinbarung von Verhaltensnormen expliziert zugleich, dass die beteiligten Wertschöpfungspartner für eine gemeinsame Zusammenarbeit zur Verfügung stehen. Demnach können diese Regeln als Ausschlusskriterium für die Aufnahme in das Wertschöpfungssystem angesehen werden. Bei der Auswahl von neuen Akteuren gilt es daher, die Einhaltung der Verhaltensnormen als obligatorisch vorzugeben.

Die *Verbesserung des Informationssystems* setzt schließlich an einer der Grundprämissen der Agenturtheorie an (Auftreten von Informationsasymmetrien). Gelingt es Austauschpartnern die Informationssituation zu verbessern (z. B. Erhöhung von Informationsqualität und -quantität oder die Senkung von Informationsbeschaffungszeiten), so wird jeweils für den Prinzipal einer Vertragsleistung der Handlungsbereich eines Agenten transparenter und beobachtbar. Opportunistisches Verhalten wird damit identifizierbar und der Agent wird sich stärker an den Interessen des Prinzipals ausrichten [Eise89, 60]. Liegt die Schaffung von Trans-

parenz in der Austauschbeziehung nicht im Interesse des Agenten, sind weitere Anreiz- oder Kontrollmaßnahmen notwendig [EbGo99, 215]. Der Einsatz von Informationssystemen zur Verbesserung der Agenturbeziehung ist der Kern der theoretischen Analyse im Rahmen dieser Arbeit. Eine Verbesserung bezieht sich hierbei auf eine Vergrößerung des Informationsumfangs, eine zeitliche Verkürzung des Informationsaustausches und eine Erhöhung der Informationsqualität. So können monetäre Ausgleiche für Informationssicherheit dazu beitragen, dass zusätzliche Informationen innerhalb des Wertschöpfungssystems den Akteuren bereitgestellt werden (vgl. Anreizsysteme). Der Austausch von Informationen egalisiert Informationsasymmetrien, die zur Unsicherheit und unzureichenden Bewertbarkeit der Leistungserfüllung des Agenten führen. Zugleich wird die Reaktionszeit verkürzt, um auf Schlechtleistungen von Akteuren (z. B. Produkt entspricht nicht der vereinbarten Produktspezifikation) antworten zu können. Durchgängige Informationsflüsse in beide Richtungen des Mass Customization Wertschöpfungssystems können außerdem dazu beitragen, die Aussagefähigkeit der Akteure hinsichtlich des Bearbeitungsstatus von Aufträgen zu erhöhen. Schließlich kann aus Sicht des MC-Koordinators die Anreicherung der Informationsflüsse dem Aufdecken von Präferenzen einzelner Akteure dienen.
Je nach Aktivitätsgrad der Akteure einer Austauschbeziehung können unterschiedliche Instrumente zur Beseitigung von Informationsasymmetrien eingesetzt werden. Die Prinzipal-Agenten-Theorie unterscheidet folgende Maßnahmen zur Beseitigung von Agenturproblemen. Zur Behebung von Informationsdefiziten vor Vertragsabschluss eignen sich *Screening*, *Signalling* und *Self-Selection* (Maßnahmen gegen adverse Selektion), während der Vertragserfüllung *Monitoring* (Maßnahme gegen moralisches bzw. subjektives Risiko) [Kurt05, 153]. Mittels *Screening* lassen sich aus Sicht des Prinzipals dadurch Informationsasymmetrien beheben, indem dieser Analysen der Agenten durchführt. Diese Maßnahmen verursachen damit Kosten, welche die Vorteile aus den ermittelten Informationen wieder reduzieren können [Kurt05, 158]. Beim Screening unternimmt der Prinzipal beispielsweise Recherchen und Analysen über die zur Verfügung stehenden Agenten. Aus Sicht des Kunden umfasst dies auch alternative Wertschöpfungssysteme für vergleichbare Mass Customization Produkte. Ein MC-Koordinator hingegen plant die Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems und analysiert alternative Wertschöpfungspartner für die Zusammenarbeit (z. B. Produzent oder Zulieferer). Bei den beiden weiteren Methoden zur Abwehr adverser Selektion wird der Agent eigeninitiativ tätig. Im *Signalling* verbreitet der Agent positive Informationen über die von ihm angebotene Leistung. Das Aussenden von Signalen verursacht Kosten für den Agenten und führt dazu, dass lediglich diejenigen Agenten von dieser Maßnahme Gebrauch machen, bei denen die hohe Qualität der Leistung die Kosten der Signale übersteigt. Unterdurchschnittliche A-genten werden daher von Prinzipalen nicht mehr berücksichtigt [Kurt05, 153]. Sowohl auf traditionellen wie auch auf elektronischen Märkten müssen Auftraggeber auf ihre Leistungsbereitschaft aufmerksam machen. Mittels Signalling werden Akteure aktiv, die sich als Agenten für Mass Customization Wertschöpfungspartner anbieten. Werden aufgrund der Dynami-

sierung neue Akteure gesucht, so können vorab versendete positive Signale von Agenten dazu führen, diese zukünftig in das Wertschöpfungssystem einzubinden. Bei einer *Self-Selection* stellt der Prinzipal dem Agenten alternative Vertragsangebote zur Wahl. Der Agent wird daher diejenige Vertragskonstellation wählen, die für ihn den größten Nutzen bietet. Die Auswahl durch den Agenten offenbart daher die Qualität des tatsächlichen Leistungsangebotes sowie die dahinter stehenden Motive und Ziele [Kurt05, 155]. Der Ansatz der Selbstselektion lässt sich an der Austauschbeziehung zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär verdeutlichen. Im Rahmen der Produktspezifizierung ermittelt der Spezifizierungsintermediär auf Basis der vom Kunden geäußerten Individualisierungswünsche eine Produktspezifikation. Um den tatsächlichen Gegenstand der Leistungserbringung zwischen dem Kunden und dem Wertschöpfungssystem weitgehend an die Kundenanforderungen anzunähern, stellt deshalb der Spezifizierungsintermediär dem Kunden Auswahlalternativen in Form von Produktparametern zur Verfügung (z. B. Größe, Farben etc.). Damit stellt der Spezifizierungsintermediär als Prinzipal der Austauschbeziehung im Sinne einer reziproken Agenturbeziehung dem Kunden alternative Vertragsangebote zur Verfügung. Nimmt der Spezifizierungsintermediär eine bestimmte Produktspezifikation an, ist er aus Sicht des Kunden der Agent für die Initiierung der Leistungserstellung. Mit zunehmender Anzahl ermittelter Informationen konkretisiert sich das individualisierte Produkt und die Zahl der möglichen Vertragsvarianten wird reduziert. Als Maßnahme zur Verminderung des moralischen Risikos gilt das *Monitoring*. Dies bedingt die Überwachung und Kontrolle der Aktivitäten des Agenten. Damit wird eine Überprüfung gewährleistet, ob der Agent im Sinne des Prinzipals handelt. Allerdings werden die Übertragung von Verantwortung und die Erfüllbarkeit einer Aufgabe damit rückwirkend reduziert. Die Vorteile der Delegation nehmen dabei ab. Weiterhin entstehen für die Überwachung zusätzliche Kosten, die den Vorteil aus der verbesserten Informationssituation relativieren. Gleichzeitig besteht das Problem für den Agenten, dass Umweltfaktoren die von ihm intendierte Leistung ohne Verschulden verschlechtern können [Kurt05, 159]. Bei dem Einsatz von Monitoring zur Vermeidung von adverser Selektion in Mass Customization Wertschöpfungssystemen ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der Mehrstufigkeit die Überprüfung der Leistung von Agenten über mehrere Wertschöpfungsstufen hinweg eine entsprechende Informationsversorgung voraussetzt. Schlechtleistung eines Zulieferer-Agenten muss auch für den MC-Koordinator erkennbar werden, damit für zukünftige Aufträge das Wertschöpfungssystem angepasst werden kann.

3.4.1.4 Einsatz von Informations- und Kommunikationssystemen als Beitrag zur Senkung von Agenturkosten in Mass Customization Wertschöpfungssystemen

Informations- und Kommunikationssysteme können prinzipiell an zwei Stellen innerhalb von Agenturbeziehungen ansetzen und zur Senkung von Agenturkosten beitragen. Zunächst können direkt und unmittelbar Agenturprobleme („*hidden intention*“ und „*hidden action*“) beseitigt werden. Die dort eingeführten Maßnahmen (vgl. Abschnitt 3.4.1.3) lassen sich informati-

onstechnologisch unterstützen. Andererseits können Informationssysteme auch zur Unterstützung von Anreiz- und Kontrollmechanismen verwendet werden, die dazu beitragen, individuelle Anreize für eigennützliches Verhalten zum Schaden anderer zu reduzieren. Die Wirkung der Informations- und Kommunikationssysteme ist in diesem Fall indirekt und mittelbar, da sie nicht an den eigentlichen Risikosituationen, sondern an der Verminderung von deren Auswirkungen ansetzen. In beiden Fällen besteht die Aufgabe der Informationssysteme darin, den Handlungsbereich des Agenten für den Prinzipal transparenter zu machen [EbGo99, 214-215]. Aufgrund der reziproken Akteurskonstellationen betrifft dies sogar den Handlungsbereich beider Akteure. Die Erhöhung von Transparenz führt zu einer Reduzierung von Informationsdefiziten bzw. zum Ausgleich von Informationsasymmetrien. Die Frage, ob Akteure eher transparente Informationssituationen als Informationsunsicherheiten bevorzugen, wird an dieser Stelle nicht weiter diskutiert. Sie ist für diese Arbeit unerheblich, obgleich ihr im Allgemeinen eine Relevanz zugesprochen werden muss [EbGo99, 215]. Es wird eine positive Entscheidungslage hinsichtlich der Informationstransparenz angenommen. Damit wird erreicht, dass der Gestaltungsvorschlag in Form einer Anwendungsarchitektur keine Individualinteressen einzelner Akteure berücksichtigen muss. Es werden außerdem Machtverhältnisse weitgehend ausgeblendet, die prinzipiell eine Senkung von Agenturkosten verhindern könnten. Lediglich die Annahme, dass Mass Customization Wertschöpfungssysteme von einem bestimmten Akteur initiiert werden (d. h. von dem Akteur mit der Rolle „MC-Koordinator“), bedingt eine Fokussierung auf diesen Akteur als zentrales Element des Modells mit Möglichkeit zur individuellen Gestaltung der Wertschöpfung.

Informations- und Kommunikationssysteme können bei allen Ansätzen zur Reduzierung von Agenturkosten beitragen. Neben einer Verbesserung der Informationsversorgung aufgrund technischer Unterstützung der Informationslogistik lassen sich auch Verhaltensnormen und Anreizsysteme über Informationssysteme abbilden. So kann die Bereitschaft, bestimmte verhaltensbezogene Regeln in Austauschbeziehungen einzuhalten als Eigenschaften in Wertschöpfungspartnerprofilen zur Verfügung gestellt werden, die vor Aufnahme eines Akteurs in das Mass Customization Wertschöpfungsnetzwerk abgefragt werden. In Anreizsystemen ist zudem Datenverarbeitung mit Informationssystemen notwendig, um ausgehend von den erreichten Beiträgen der Akteure die vereinbarten Anreize zu ermitteln (z. B. monetärer Ausgleich). Mass Customization Informationssysteme müssen hinsichtlich der Aussagen der Prinzipal-Agenten-Theorie in der Lage sein, die Informationsversorgung im Wertschöpfungssystem zu verbessern. Dies umfasst ausdrücklich die Unterstützung der Produktspezifizierung und den sich anschließenden Austausch von Wertschöpfungsinformationen (Verteilung der Produktspezifikation an die Wertschöpfungspartner). Aus Sicht des MC-Koordinators muss es außerdem möglich sein, Eigenschaften aktueller und potentieller Wertschöpfungspartner abzufragen. Eine schnellere Informationsversorgung in Abhängigkeit von dem Vorfertigungsgrad des Mass Customization Produktes kann außerdem dazu führen, den Zeitpunkt von Vertragsabschlüssen in dem Mass Customization Wertschöpfungsnetzwerk zu verlagern. Damit

wäre es möglich, Wertschöpfungsnetzwerke erst in Abhängigkeit von der eingegangenen Produktspezifikation zusammenzustellen.

3.4.2 Prinzipal-Agenten-Theorie induzierte Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme

Nach der Mass Customization spezifischen Darstellung der Prinzipal-Agenten-Theorie werden im Folgenden die bislang ermittelten Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme präzisiert. Betrachtet werden die einzelnen Austauschbeziehungen innerhalb des Mass Customization Wertschöpfungssystems. Dazu werden die akteursbezogenen Merkmale von Informationsasymmetrien und die sich daraus ergebenden Agenturkosten anhand eines einheitlichen Schemas dargestellt und bewertet. Im Abschluss werden die sich daraus ergebenden IS-Anforderungen hinsichtlich einer Reduzierung von Agenturkosten abgeleitet und erläutert. Für die Bewertung wurde ein Tabellenschema entwickelt, das jeweils die Merkmale der potenziellen Agenturprobleme und die dadurch auftretenden Agenturkosten betrachtet. Die Reziprozität der Austauschbeziehung wird dadurch berücksichtigt, dass die Analyse der Akteure sowohl die Agenten- als auch die Prinzipal-Perspektive einnimmt.

3.4.2.1 Akteursbeziehung „Kunde – Spezifizierungsintermediär“

Die transaktionsbezogenen Eigenschaften der Austauschbeziehung zwischen Kunden und Spezifizierungsintermediär wurden in Abschnitt 3.3.2.1 dargestellt. Zur Verfeinerung der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme werden in Tabelle 10 die akteursbezogenen Merkmale der Austauschbeziehung konkretisiert. Außerdem werden die sich aus den Agenturproblemen induzierten Kosten dieser Austauschbeziehung dargestellt und in Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme überführt.

Akteursbeziehung: Kunde – Spezifizierungsintermediär		**Prinzipal:** Kunde, **Agent:** Spezifizierungsintermediär	**Prinzipal:** Spezifizierungsintermediär, **Agent:** Kunde
Merkmale	**Hidden characteristics**	▪ Der Spezifizierungsintermediär ist nicht in der Lage, Spezifikationen zu erstellen; es besteht kein Interesse an Verkäufen, sondern an der bloßen Erhebung von Informationen zu eigenen Zwecken	Dem Kunden liegen die notwendigen Individualisierungsinformationen nicht vor; die Spezifizierung kann nicht stattfinden; Kunde ist nicht an Kauf interessiert
	Hidden actions	▪ Spezifizierungsintermediär beeinflusst das Angebot zu Individualisierung für den Kunden ▪ Den Kundenbedürfnissen entsprechende Optionen werden nicht zur Verfügung gestellt	▪ Kunde entscheidet über das Ausmaß der Preisgabe von Individualisierungsinformationen ▪ Für die Individualisierung notwendige Daten werden zurückgehalten
Agenturkosten	**Steuerungs- und Kontrollkosten**	▪ Transparenter Ablauf der Spezifizierung; nachträgliche Anpassung der Spezifikation	▪ Validierung der ermittelten Informationen z. B. über Mehrfachabfragen
	Garantiekosten	▪ Rückgaberechte	▪ Pflicht zur Abnahme des Sachguts
	Residualkosten	▪ Für den Kunden bleibt offen, ob der Spezifizierungsintermediär das für ihn passende Produkt ermittelt hat.	▪ Für den Spezifizierungsintermediär bleibt offen, ob die ermittelten Individualisierungsinformationen zutreffend sind

Tabelle 10: Charakterisierung der Akteursbeziehung „Kunde – Spezifizierungsintermediär“

Bei der Festlegung von Individualisierungsparametern und der Erstellung von Produktkonfigurationen als Anforderungen an das Mass Customization Informationssystem können die Maßnahmen Signalling, Screening, Self-Selection und Monitoring dazu beitragen, die Agenturkosten der Austauschbeziehung zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär zu reduzieren. Aktive Informationsbereitstellung durch den Agenten (*Signalling*) erfolgt aus Sicht des Kunden durch Hinweise auf positive Kundenbewertungen aus vergangenen Austauschbeziehungen (z. B. zurückliegende Aufträge). Der Spezifizierungsintermediär hingegen kann durch Zertifizierungsmaßnahmen und eine Offenlegung seiner Kompetenzen dazu beitragen, dass potentielle Prinzipale seine Leistungsqualität bewerten können. Auch das Bereitstellen von Referenzen auf vergangene Transaktionen trägt hierzu bei. Informationsbeschaffung durch den Prinzipal (*Screening*) erfolgt aus Sicht des Kunden über öffentliche Verzeichnisse

möglicher Spezifizierungsintermediäre, in denen die Leistungsqualität, das Produktangebot und die Individualisierungsmöglichkeit dargestellt werden. Auch ein Spezifizierungsintermediär kann Informationen über Kunden einholen, falls betrügerische Kunden für den Spezifizierungsprozess in Sperrlisten gespeichert werden. Eine *Selbstselektion* aus Sicht des Kunden findet im Spezifizierungsprozess statt, da Kunden die Produktindividualisierung durch Auswahl von Individualisierungsoptionen selber beeinflussen. Demnach bestimmt der Kunde die Ausgestaltung des Vertragsgegenstandes. Im Umkehrschluss verwendet der Spezifizierungsintermediär die Individualisierungsinformationen des Kunden dazu, auf Basis des zugrunde liegenden Individualisierungsprozesses die ermittelten Informationen auf die anpassbaren Produktbestandteile zu übertragen. Damit obliegt es dem Spezifizierungsintermediär, durch Beeinflussung des Spezifizierungsprozesses seine Agenturkosten zu senken. Um die Unsicherheit hinsichtlich der tatsächlich erreichten Qualität einer Austauschbeziehung zu reduzieren, können Maßnahmen des *Monitorings* eingesetzt werden. Dabei kann der Kunde nachträglich seine Produktanforderungen mit den tatsächlichen Produkteigenschaften vergleichen. Der Spezifizierungsintermediär hingegen ermittelt im Kundenservice die Zufriedenheit des Kunden und kann damit Änderungsbedarfe für den Prozess der Produktspezifizierung ableiten.

3.4.2.2 Akteursbeziehung „Spezifizierungsintermediär – MC-Koordinator“

Die transaktionsbezogenen Eigenschaften der Austauschbeziehung zwischen Spezifizierungsintermediär und MC-Koordinator wurden in Abschnitt 3.3.2.2 dargestellt. Zur Verfeinerung der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme werden in Tabelle 11 die akteursbezogenen Merkmale der Austauschbeziehung konkretisiert. Außerdem werden die sich aus den Agenturproblemen induzierten Kosten dieser Austauschbeziehung dargestellt und in Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme überführt.

Akteursbeziehung: Spezifizierungsintermediär – MC-Koordinator		**Prinzipal:** Spezifizierungs-intermediär, **Agent:** MC-Koordinator	**Prinzipal:** MC-Koordinator, **Agent:** Spezifizierungsinter-mediär
Merkmale	**Hidden characteristics**	▪ Der MC-Koordinator ist nicht in der Lage, die eingehenden Aufträge zu koordinieren; der MC-Koordinator ist nicht in der Lage, die bestellten Produkte fertigen zu lassen	▪ Der Spezifizierungsintermediär kann keine Aufträge mit der vom MC-Koordinator geforderten Spezifikation liefern
	Hidden actions	▪ Der MC-Koordinator verweigert sich der Abwicklung eingegangener Aufträge; der MC-Koordinator berücksichtigt nur Aufträge bestimmter Spezifizierungsintermediäre	▪ Der Spezifizierungsintermediär liefert bestimmten MC-Koordinatoren ungültige oder unzureichende Produktspezifikationen
Agenturkosten	**Steuerungs- und Kontrollkosten**	▪ Schaffung von Transparenz über die Kapazitäten und Kompetenzen des MC-Koordinators	▪ Errichtung von Anreizsystemen, damit Spezifizierungsintermediäre die MC-Koordinatoren mit Aufträgen versorgen
	Garantiekosten	▪ Pflicht zur Abnahme des Sachguts	▪ Rückgaberechte ▪ Vertragsstrafen
	Residualkosten	▪ Für den Spezifizierungsintermediär bleibt offen, ob der MC-Koordinator die angenommenen Aufträge in der vereinbarten Zeit, zu den vereinbarten Kosten und in der vereinbarten Qualität abwickeln kann	▪ Für den MC-Koordinator bleibt offen, ob der Spezifizierungsintermediär die vereinbarten Auftragszahlen übermittelt

Tabelle 11: Charakterisierung der Akteursbeziehung „Spezifizierungsintermediär – MC-Koordinator“

Bei der Erstellung von Produktmodellen als Anforderung an das Mass Customization Informationssystem können die Maßnahmen Signalling, Screening, Self-Selection und Monitoring dazu beitragen, die Agenturkosten der Austauschbeziehung zwischen Spezifizierungsintermediär und MC-Koordinator zu reduzieren. Aktive Informationsversorgung durch *Signalling* des Agenten erfolgt aus Sicht des Spezifizierungsintermediärs mittels Offenlegung der in Aussicht gestellten Aufträge in quantitativer und qualitativer Hinsicht. Auf Basis dieser Informationen kann der MC-Koordinator beurteilen, ob eine Zusammenarbeit innerhalb des Mass

Customization Wertschöpfungssystems ökonomisch sinnvoll ist. Der MC-Koordinator als Agent für die Koordination des Wertschöpfungssystems bietet dem Spezifizierungsintermediär die Leistungen der Auftragsabwicklung an. Durch die Festlegung des Produktmodells im Mass Customization Informationssystem ist ein Austausch dieser Informationen möglich. Mit Maßnahmen des *Screenings* werden die vom Agenten passiv zur Verfügung gestellten Informationen durch den Prinzipal eingeholt. Für beide Akteure gilt in dieser Austauschbeziehung, dass öffentliche Verzeichnisse über die vorhandenen Spezifizierungsintermediäre und MC-Koordinatoren, aber auch über bereits gebildete Wertschöpfungssysteme dazu beitragen können, Unsicherheit und Agenturkosten zu senken. Bei der *Selbstselektion* aus Sicht des Spezifizierungsintermediärs werden unterschiedliche Konfigurationen von Wertschöpfungssystemen zur Verfügung gestellt. Der Spezifizierungsintermediär kann das aus seiner Sicht passende System auswählen. Im Gegenzug stellt der Spezifizierungsintermediär dem MC-Koordinator verschiedene Methoden zur Produktspezifizierung zur Verfügung. Der MC-Koordinator kann somit das aus seiner Sicht geeignete Verfahren auswählen und bestimmt damit den Gegenstand der Austauschbeziehung. Voraussetzung ist auch in diesem Fall ein Produktmodell, das im Mass Customization Informationssystem abgebildet wird. Mittels *Monitoring* kann der Spezifizierungsintermediär die Qualität der Auftragsabwicklung und die Produktqualität auf Basis der zugrunde liegenden Produktspezifikation bewerten. Aus Sicht des MC-Koordinators ist eine Überwachung der Spezifizierungsergebnisse möglich (unter Berücksichtigung des Produktmodells), da dies die Qualität der nachfolgenden Produktherstellung beeinflusst.

3.4.2.3 Akteursbeziehung „MC-Koordinator – Produzent“

Die transaktionsbezogenen Eigenschaften der Austauschbeziehung zwischen MC-Koordinator und Produzent wurden in Abschnitt 3.3.2.3 dargestellt. Zur Verfeinerung der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme werden in Tabelle 12 die akteursbezogenen Merkmale der Austauschbeziehung konkretisiert. Außerdem werden die sich aus den Agenturproblemen induzierten Kosten dieser Austauschbeziehung dargestellt und in Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme überführt.

Akteursbeziehung: MC-Koordinator – Produzent		**Prinzipal:** MC-Koordinator, **Agent:** Produzent	**Prinzipal:** Produzent, **Agent:** MC-Koordinator
Merkmale	**Hidden characteristics**	▪ Produzent täuscht vor, das individualisierte Produkt fertigen zu können, obwohl er dazu nicht in der Lage ist	▪ MC-Koordinator stellt unrealistische Auftragszahlen in Aussicht ▪ MC-Koordinator hält fertigungsbezogene Informationen zurück
	Hidden actions	▪ Produzent weicht von vereinbarten Leistungen ab (z. B. aufgrund von Kapazitätsengpässen)	▪ MC-Koordinator stellt nicht die notwendigen Auftrags- und Produktinformationen zur Verfügung
Agenturkosten	**Steuerungs- und Kontrollkosten**	▪ Negativprämien bei Nichteinhaltung des Fertigungsauftrages	▪ Bereitstellung von Produkt- und Spezifikations- bzw. Konfigurationsmodellen
	Garantiekosten	▪ Offenlegen der Kompetenzen und Ressourcen des Produzenten	▪ Abnahmegarantie für die gefertigten Produkte
	Residualkosten	▪ Für den MC-Koordinator bleibt offen, ob der Produzent das individuelle Produkt in der vereinbarten Zeit, zu den vereinbarten Kosten und in der vereinbarten Qualität fertigen kann	▪ Für den Produzenten bleibt offen, ob der MC-Koordinator das individuelle Produkt in der vereinbarten Zeit, in den vereinbarten Kosten und in der vereinbarten Qualität fertigen kann

Tabelle 12: Charakterisierung der Akteursbeziehung „MC-Koordinator – Produzent“

Bei dem Austausch von Produktkonfigurationen und der Klassifizierung von Wertschöpfungspartnern als Anforderungen an das Mass Customization Informationssystem können die Maßnahmen Signalling, Screening, Self-Selection und Monitoring dazu beitragen, die Agenturkosten der Austauschbeziehung zwischen MC-Koordinator und Produzent zu reduzieren. Das *Signalling* erfolgt in dieser Austauschbeziehung aus Sicht des MC-Koordinators mittels der Bereitstellung von Informationen über die anstehenden Aufträge, die zusammen mit dem Produzenten abgewickelt werden sollen. Damit stehen Informationen über das Produktangebot und die geplante Produktherstellung im Vordergrund. Aus Sicht des Produzenten erfolgt die aktive Informationsversorgung durch die Darstellung der verfügbaren Ressourcen, der Produktionskapazitäten und bereits erfolgreich durchgeführter Transaktionen. Die Klassifizierung von Wertschöpfungspartnern erfordert Maßnahmen des *Screenings*. Auch für diese Austauschbeziehung eignen sich dabei öffentliche Verzeichnisse der verfügbaren Produzenten (aus Sicht des MC-Koordinators) und der verfügbaren MC-Koordinatoren (aus Sicht des Pro-

duzenten). Die *Selbstselektion* bei der Austauschbeziehung zwischen MC-Koordinator und Produzent bezieht sich auf den übergeordneten Gegenstand des Wertschöpfungssystems, auf das Sachgut. Der MC-Koordinator wählt dabei aus den dargelegten Produktionsangeboten des Produzenten aus (anhand Produktionstechnologie, Fertigungsmaschinen, Durchlaufzeiten etc.). Der Produzent hingegen kann aus einer Auswahl möglicher Formen von Produktspezifikationen auswählen, die dieser Akteur für das Produktionsnetzwerk geeignet hält. Nachdem eine Austauschbeziehung vereinbart wurde, kann durch *Monitoring* deren Effizienz aus Sicht jedes Akteurs untersucht werden. Der MC-Koordinator überprüft dabei die vom Produzenten geleistete Produktqualität und die Einhaltung der vereinbarten Rahmenbedingungen. Der Produzent hingegen überwacht die vereinbarte Auftragsvergabe durch den MC-Koordinator.

3.4.2.4 Akteursbeziehung „Produzent – Zulieferer 1. Stufe“

Die transaktionsbezogenen Eigenschaften der Austauschbeziehung zwischen Produzent und Zulieferer 1. Stufe wurden in Abschnitt 3.3.2.4 dargestellt. Zur Verfeinerung der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme werden in Tabelle 13 die akteursbezogenen Merkmale der Austauschbeziehung konkretisiert. Außerdem werden sich die aus den Agenturproblemen induzierten Kosten dieser Austauschbeziehung dargestellt und in Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme überführt.

Akteursbeziehung: Produzent – Zulieferer 1. Stufe		**Prinzipal:** Produzent, **Agent:** Zulieferer 1. Stufe	**Prinzipal:** Zulieferer 1. Stufe, **Agent:** Produzent
Merkmale	**Hidden characteristics**	▪ Zulieferer 1. Stufe täuscht vor, Komponenten individualisiert herstellen zu können	▪ Produzent hält Informationen zur Planung des Individualisierungsauftrags zurück
	Hidden actions	▪ Der Zulieferer 1. Stufe fertigt unzureichend individualisierte Komponenten	▪ Der Produzent bestellt nicht vereinbarte Individualisierungswünsche
Agenturkosten	**Steuerungs- und Kontrollkosten**	▪ Negativprämien bei Nichteinhaltung des Fertigungsauftrages	▪ Bereitstellung von Produkt- und Spezifikations- bzw. Konfigurationsmodellen
	Garantiekosten	▪ Offenlegen der Kompetenzen und Ressourcen des Zulieferers 1. Stufe	▪ Abnahmegarantie für die gefertigten Komponenten
	Residualkosten	▪ Für den Produzenten bleibt offen, ob der Zulieferer 1. Stufe die individualisierte Komponente herstellen wird	▪ Für den Zulieferer 1. Stufe bleibt offen, ob er alle für die Individualisierung notwendigen Informationen erhält

Tabelle 13: Charakterisierung der Akteursbeziehung „Produzent – Zulieferer“

Bei dem Auffinden von Wertschöpfungspartnern als Anforderung an das Mass Customization Informationssystem können die Maßnahmen Signalling, Screening, Self-Selection und Monitoring dazu beitragen, die Agenturkosten der Austauschbeziehung zwischen Produzent und Zulieferer zu reduzieren. Mittels *Signalling* informiert der Produzent andere Akteure über das Produktangebot, den Bedarf der Produktzulieferung und die Einbindung des Zulieferers in das Wertschöpfungssystem. Zugleich stellt der Zulieferer dar, welche Produktbestandteile geliefert werden können, welche Ressourcen und Kapazitäten vorliegen und unter welchen Voraussetzungen eine Bereitschaft für die Mitwirkung in einer Austauschbeziehung besteht. Damit führen beide Akteure als Agent eine aktive Informationsversorgung durch. Aus passiver Sicht der Agenten informiert sich beim *Screening* der Akteur eigenverantwortlich über den potenziellen Austauschpartner. Hierbei nutzt der Produzent ein Verzeichnis verfügbarerer Zulieferer und ein Zulieferer kann in gleicher Weise über ein Verzeichnis geeignete Produzenten bzw. Wertschöpfungssysteme identifizieren. Zwischen Produzent und Zulieferer erfolgt eine *Selbstselektion*, wenn der Produzent aus einer Auswahl bestimmter Produktbestandteile mögliche Alternativen bewerten und bestimmten kann. Hierbei sind individuelle und standardisierte Produktbestandteile zu unterscheiden. Bei individuellen Bestandteilen ist Gegenstand der Agenturbeziehung ein Kontraktgut. Die Unsicherheit ist hierbei größer, der Bedarf zur Reduzierung von Agenturkosten durch geeignete Informationssysteme größer. Auch

für den Zulieferer besteht die Möglichkeit zur Selbstauswahl, so dass der Produzent in der Vereinbarung der Austauschbeziehungen verschiedene Beschaffungsstrategien zur Auswahl stellt. Im *Monitoring* überprüft der Produzent die gelieferte Qualität der Produktkomponenten sowie die Einhaltung der vereinbarten Rahmenbedingungen (Lieferzeiten, Liefermengen etc.) und der Zulieferer überwacht die vereinbarte Auftragsvergabe.

3.4.2.5 Akteursbeziehung „Zulieferer x. Stufe – Zulieferer y. Stufe“

Die transaktionsbezogenen Eigenschaften der Austauschbeziehung zwischen zwei Zulieferern wurden in Abschnitt 3.3.2.5 dargestellt. Zur Verfeinerung der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme werden in Tabelle 14 die akteursbezogenen Merkmale der Austauschbeziehung konkretisiert. Außerdem werden sich die aus den Agenturproblemen induzierten Kosten dieser Austauschbeziehung dargestellt und in Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme überführt.

Akteursbeziehung: Zulieferer x. Stufe – Zulieferer y. Stufe		**Prinzipal:** Zulieferer x. Stufe, **Agent:** Zulieferer y. Stufe	**Prinzipal:** Zulieferer y. Stufe, **Agent:** Zulieferer x. Stufe
Merkmale	**Hidden characteristics**	▪ Zulieferer y. Stufe täuscht vor, Komponenten individualisiert herstellen zu können	▪ Zulieferer x. Stufe hält Informationen zur Planung des Individualisierungsauftrags zurück
	Hidden actions	▪ Zulieferer y. Stufe liefert standardisierte Komponenten anstelle von individualisierten	▪ Zulieferer x. Stufe bestellt individualisierte Komponenten anstelle von standardisierten
Agenturkosten	**Steuerungs- und Kontrollkosten**	▪ Negativprämien bei Nichteinhaltung des Fertigungsauftrages	▪ Bereitstellung von Produkt- und Spezifikations- bzw. Konfigurationsmodellen
	Garantiekosten	▪ Offenlegen der Kompetenzen und Ressourcen des Zulieferers y. Stufe	▪ Abnahmegarantie für die gefertigten Komponenten
	Residualkosten	▪ Für den Produzenten bleibt offen, ob der Zulieferer x. Stufe die individualisierte Komponente herstellen wird	▪ Für den Zulieferer y. Stufe bleibt offen, ob er alle für die Individualisierung notwendigen Informationen erhält

Tabelle 14: Charakterisierung der Akteursbeziehung „Zulieferer x. Stufe – Zulieferer y. Stufe“

Bei der dynamischen Bildung von Wertschöpfungssystemen als Anforderung an das Mass Customization Informationssystem können die Maßnahmen Signalling, Screening, Self-Selection und Monitoring dazu beitragen, die Agenturkosten der Austauschbeziehung zwi-

schen verschiedenen Zulieferern zu reduzieren. Da es sich bei dieser Austauschbeziehung um grundsätzlich gleichwertige Wertschöpfungspartner handelt, unterscheiden sich die reziproken Akteurseigenschaften nur wenig. Mittels *Signalling* stellen die Akteure aus Sicht von Agenten ihr Liefer- und Leistungsprogramm aktiv bereit. Damit informieren sie potenzielle Austauschpartner und reduzieren Unsicherheit aufgrund fehlender oder asymmetrisch verteilter Informationen. Maßnahme des *Screenings* ist, wie bereits bei den vorangegangenen Austauschbeziehungen bereits dargelegt, der Zugriff auf öffentliche Verzeichnisse mit möglichen Zulieferern. In der *Selbstselektion* wählt der auftraggebende Zulieferer (Prinzipal) aus dem vom auftragnehmenden Zulieferer (Agent) bereitgestellten Angebot über Produktkomponenten aus. Je nach Fertigungstiefe und Komplexität des Produktes müssen hier verschiedene Aggregationsstufen von Produktbestandteilen unterschieden werden (z. B. funktionsbezogene Module im Gegensatz zu Rohstoffen). Der auftragnehmende Zulieferer wählt seinerseits aus den alternativ bereitgestellten Beschaffungsstrategien aus. Wie bereits bei der Austauschbeziehung zwischen Produzent und Zulieferer besteht das *Monitoring* aus der Überwachung des Zulieferauftrags. Der Auftraggeber überprüft die tatsächlich geleistete Qualität der Produktbestandteile und der Auftragnehmer die Einhaltung der vereinbarten Auftragsvergabe. Da die dynamische Bildung von Wertschöpfungssystem als Anforderung identifiziert wurde, müssen Mass Customization Informationssysteme in der Lage sein, die Zusammensetzung des Wertschöpfungssystems auftragsbezogen zu organisieren und die Auftragsabwicklung zu unterstützen. Dies umfasst auch das Austauschen von Wertschöpfungspartnern.

3.4.3 Würdigung der Eignung der Prinzipal-Agenten-Theorie zur Anforderungsanalyse für Mass Customization Informationssysteme

Die Eignung der Prinzipal-Agenten-Theorie für die Analyse in dieser Arbeit lässt sich anhand von zwei Eigenschaften des Wertschöpfungssystems zusammenfassen. Zunächst erfüllt das kundenindividuelle Sachgut die Merkmale von Kontraktgütern, die in der Literatur als Prinzipal-Agenten-Beziehungen angesehen werden (vgl. S. 16 und S. 109). Außerdem treten die Akteure des Wertschöpfungssystems mit den attribuierten Rollen als organisatorisch eigenständige Einheiten auf und handeln in ihrer Umwelt. Damit erfüllen die Akteure des Wertschöpfungssystems zudem Eigenschaften des Agentenbegriffs der Künstlichen Intelligenz (z. B. [Ferb01, 29]). In der Analyse werden die beiden Klassen von Agenturproblemen auf die reziproke Austauschbeziehung zwischen den Akteuren des Wertschöpfungssystems angewendet. Die sich für jede Austauschbeziehung spezifisch ergebenden Agenturkosten werden dafür verwendet, die Anforderungen an Mass Customization Informationssystem zu präzisieren und zu erweitern.

Die Prinzipal-Agenten-Theorie zeigt ein reduziertes Bild realer institutioneller Arrangements, da nur frei ausgehandelte Individualverträge und keine gesellschaftlich oder rechtlich vorgegebenen Dritten berücksichtigt werden. Außerdem verhindert die Ex-ante-Perspektive, Agenturprobleme zu betrachten, die vor dem Abschluss des Vertrags nicht erkennbar waren. Inner-

halb der Agenturbeziehungen wird das Bewusstsein über das Risiko angenommen [Will85, 27]. Mit dem Grad an Komplexität innerhalb vertraglicher Vereinbarungen sinkt jedoch die Möglichkeit, alle potentiellen Situationsgefahren zu berücksichtigen [EbGo99, 221-222]. Weiterhin lassen sich für die Prinzipal-Agenten-Theorie folgende Kritikpunkte aufführen [EbGo99, 223-225]:

- Festlegung von Zielen findet nicht innerhalb des Modells statt, sie sind vorab festgelegt,
- Situationen mit ambiguitiven Präferenzen werden nicht betrachtet,
- Quantifizierung (insbesondere Ermittlung der Residualkosten) fehlt.

Auch bei der Prinzipal-Agenten-Theorie liegen Defizite in der Verwendbarkeit für quantitativ-empirische Analysen vor. Im Kern befindet sich die Theorie im Spannungsfeld zwischen quantifizierten Aussagen über abstrakte und realitätsferne Modelle und ungenauen Tendenzaussagen realer Austauschbeziehungen. Da die vorliegende Arbeit dem Ansatz der deskriptiven bzw. positiven Agenturtheorie folgt, schränkt dies jedoch die Anwendbarkeit nicht ein.

3.5 Funktionale Spezifikation der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme mittels der Neue Institutionenökonomik analysiert. Die ermittelten Anforderungen können dabei in zwei Gruppen eingeteilt werden. Zunächst wurden Anforderungen ermittelt, die sich aus der Individualisierbarkeit der Sachgüter des Wertschöpfungssystems ergeben („Produktindividualisierung“). Die Individualisierung der Wertschöpfungsleistung bedingt eine Unterstützung im Bereich der Festlegung von Produktparametern (Erstellen von Produktspezifikationen bzw. -konfigurationen), in der Umsetzung der Produktspezifikation in physische Produkte und in der Distribution der Produkte. Darauf aufbauend wurden Anforderungen identifiziert, die sich aus der Mehrstufigkeit des jeweils spezifischen Wertschöpfungssystems ergeben. Informationssysteme für Mass Customization müssen demnach die Errichtung, das Management und das Auflösen überbetrieblicher Kooperationen („überbetriebliche Zusammenarbeit“) unterstützen. Auf Basis der Analyseergebnisse werden die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme nachfolgend formal spezifiziert. Dies erfolgt in Form impliziter Spezifikationen.

3.5.1 Grundlagen der Spezifikation

3.5.1.1 Allgemeine Definitionen

Bei der Spezifikation der Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gelten die nachfolgenden Definitionen [in Anlehnung an KaBü05, 25-40].

Definition 3: Mengen

Eine ***Menge M*** *ist eine Zusammenfassung von verschiedenen Objekten, den* ***Elementen der Menge****, zu einem Wertebereich. a ist ein Element der Menge M, d. h.* $a \in M$.

Jede Menge M kann extensional durch die Aufzählung ihrer Elemente, z. B. {1, 2, 3}, oder intensional durch die Angabe von Bedingungen, die alle Elemente von M erfüllen, z. B. $\{a \mid a \in , a$ *ist Primzahl und* $a < 50\}$*, wobei die Menge aller natürlichen Zahlen ist, definiert werden.*

Eine Menge ohne Elemente wird als leere Menge bezeichnet und als $\varnothing$ *notiert.*

Definition 4: Mengenoperationen

Seien M und N zwei Mengen, so gilt:

1. $M \subseteq N$, falls M eine **Teilmenge** von N ist, d. h. aus $a \in M$ folgt $a \in N$,

2. $M \subset N$, falls M eine **echte Teilmenge** von N ist, d. h. es gilt $M \subseteq N$ und $M \neq N$,

3. $M \cup N$ bildet die **Vereinigungsmenge** der beiden Mengen M und N, d. h. $\{x \mid x \in M \vee x \in N\}$,

4. $M \cap N$ bildet den **Durchschnitt** der beiden Mengen M und N, d. h. $\{x \mid x \in M \wedge x \in N\}$,

5. $M \setminus N$ ist die **Differenz** zwischen den beiden Mengen M und N, d. h. $\{x \mid x \in M \wedge x \notin N\}$.

Zwei Mengen sind disjunkt, falls gilt: $M \cap N = \varnothing$

Die Anzahl der Elemente einer Menge M heißt Mächtigkeit und wird als $|M|$ *notiert.*

Definition 5: Potenzmenge

Die ***Potenzmenge P*** *einer Grundmenge G ist die Menge aller Teilmengen von G, notiert als P(G). Es gilt:*

$$P(G) := \{M \mid M \subseteq G\}$$

Definition 6: Geordnetes Paar, Kartesisches Produkt

Ein ***geordnetes Paar*** *(x, y) besteht aus zwei Werten x und y, wobei x die erste und y die zweite Komponente ist. Das* ***kartesische Produkt*** $M \times N$ ***zweier Mengen*** *M und N ist die Menge aller geordneten Paare mit erster Komponente aus M und zweiter Komponente N, notiert als*

$$M \times N := \{(x, y) \mid x \in M \wedge y \in N\}$$

Das kartesische Produkt von $n > 1$ *Mengen ist eine Menge von geordneten n-Tupeln.*

Definition 7: Folgen

Ein n-Tupel mit n > 1 Komponenten aus der Menge A heißt ***Folge der Länge n über A****.* *Der Wertebereich der endlichen, nicht-leeren Folgen über A wird definiert als:*

$A^+ := \{(a) \mid a \in A\} \cup \{x \mid x \in A^i \text{ und } i > 1\}$

Wird die leere Menge in der Folge über A berücksichtigt, so gilt:

$A^* := \varnothing \cup A^+$

Definition 8: Relationen

Eine ***n-stellige Relation R*** *ist eine Menge von n-Tupeln, wobei jedes davon aus einem Wertebereich $M_1 \times M_2 \times \ldots \times M_n$ mit n > 1 stammt,* *d. h. $R \subseteq M_1 \times M_2 \times \ldots \times M_n$.*

Definition 9: Funktionen

Eine ***Funktion*** *f ist eine 2-stellige Relation $f \in P(D \times B)$, für die gilt: Aus $(x, y) \in f$ und $(x, z) \in f$ folgt $y = z$. Einem Wert aus D ist also höchstens ein Wert von B zugeordnet. Die Menge D heißt* ***Definitionsbereich*** *und die Menge B* ***Bildbereich*** *der Funktion f. Der Wertebereich $D \to B$ ist die Menge aller Funktionen, die von D nach B abbilden. Es gilt $D \to B \subseteq P(D \times B)$. $D \to B$ enthält als Elemente alle Mengen von Paaren über $D \times B$, die Funktionen sind.*

In der vorliegenden Arbeit wird die Modellierung von Mass Customization Wertschöpfungssystemen vorgenommen und die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme formalisiert. Hierfür gilt nachfolgende Form der Spezifikation.

Definition 10: Spezifikation

Sei S eine Spezifikation, so gilt:

```
S:   f: X → Y
     f(x) → y
     pre     Vorbedingungen
     post    Nachbedingungen
```

Durch S wird eine Anforderung spezifiziert, deren Funktion *f* ist. Damit *f* ausgeführt werden kann, müssen die Vorbedingungen erfüllt sein. Die Nachbedingungen schränken die Zulässigkeit der Ergebniswerte der Funktion ein. Vor- und Nachbedingungen werden bei der funktionalen Spezifikation grundsätzlich in Form mathematischer Ausdrücke angegeben. Im Rahmen dieser Arbeit können jedoch noch nicht alle Vor- und Nachbedingungen in mathematischer Notation formuliert werden. Hierfür sind konkrete betriebliche Entscheidungen vorausgesetzt, die an dieser Stelle noch nicht zur Verfügung stehen. In solchen Fällen werden natürlichsprachliche Ausdrücke verwendet.

3.5.1.2 Anwendungsbezogene Annahmen

Akteure sind eigenständig handelnde Wirtschaftssubjekte, die in Wertschöpfungssysteme eingebunden werden können. Akteure treten dabei als Anbieter oder Nachfrager von Gütern und Leistungen auf.

Definition 11: Akteure

Sei A die Menge aller Akteure, die prinzipiell für die Mitwirkung in Wertschöpfungssystemen zur Verfügung stehen, und AN die Menge aller Anbieter und NA die Menge aller Nachfrager, so gilt

$A := AN \cup NA$, wobei

$AN := \{an_1, \ldots, an_n\} \ \wedge \ NA := \{na_1, \ldots, na_m\} \ \wedge \ AN \cap NA \neq \varnothing$

Mit einer Transaktion wird der Austausch von Gütern und Leistungen bezeichnet, der in einem Wertschöpfungssystem zur Erreichung des beabsichtigten Wertschöpfungsergebnisses vorgenommen werden muss. Wertschöpfungssysteme können aus mehreren Transaktionen bestehen.

Definition 12: Transaktionen

Sei T die Menge aller Transaktionen, die in Wertschöpfungssystemen auftreten können, so gilt:

$T := \{t_1, \ldots, t_p\}$

Jede Transaktion lässt sich in Transaktionsphasen einteilen. Diese Phasen repräsentieren den Fortschritt einer Transaktion hinsichtlich ihrer Durchführung.

Definition 13: Transaktionsphasen

Sei TP die Menge aller Transaktionsphasen, so gilt:

TP := {Anbahnung, Vereinbarung, Durchführung, Kontrolle, Anpassung}

In einem Wertschöpfungssystem nehmen die Akteure Rollen an, von denen sich akteursbezogene Aufgaben ableiten lassen. In dem Mass Customization Wertschöpfungssystem der vorliegenden Arbeit werden die fünf dargestellten Rollen unterschieden.

Definition 14: Rollen

Sei R die Menge aller Rollen, so gilt

R := {Kunde, Spezifizierungsintermediär, MC-Koordinator, Produzent, Zulieferer}

3.5.2 Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme

In diesem Abschnitt werden auf Basis der Analyseergebnisse die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme in Form einzelner Spezifikationen eingeführt und dargestellt. Die Anforderungen sind das Ergebnisse der Analyse mittels Transaktionskostentheorie und Prinzipal-Agenten-Theorie in den vorangegangenen Abschnitten. Die bei der Analyse ermittelten Anforderungen lassen sich aus Sicht eines Kundenauftrags in einer chronologischen Abfolge darstellen. Dies entspricht zugleich dem prinzipiellen Auftragsablauf bei der Herstellung kundenindividueller Güter. Bevor eine Wertschöpfungsleistung erbracht werden kann, muss der Gegenstand des Wertschöpfungssystems festgelegt werden. Mit der Erstellung von Produktmodellen (Anforderung 1) wird der Rahmen für die Individualisierung der kundenspezifischen Produkte definiert. Ausgehend von einem Produktmodell lassen sich die Anforderungen an das Wertschöpfungssystem ableiten (Anforderung 2). Unter Anforderungen werden hierbei insbesondere die notwendigen Produktionsschritte zur Herstellung des Sachgutes verstanden. Ist einem Koordinator eines Wertschöpfungssystems die Liste der produktbezogenen Anforderungen bekannt, so können die prinzipiell für eine Zusammenarbeit in Frage kommenden Akteure ermittelt werden. Für jede Anforderung im dargestellten Sinne wird eine Liste möglicher Akteure erstellt (Anforderung 3). In einem weiteren Schritt wird die Auswahl der Akteure getroffen (Anforderung 4). Zu diesem Zeitpunkt liegt noch keine eindeutige Zuordnung von Akteur und Wertschöpfungsleistung vor, da sich die Planung des Wertschöpfungssystems noch auf das Produktmodell und nicht auf ein einzelnes kundenspezifisches Produkt bezieht. Bevor das Wertschöpfungssystem errichtet werden kann, muss eine Produktspezifikation erstellt werden (Anforderung 5). Diese enthält alle für die Herstellung notwendigen Informationen des Kunden zur Individualisierung des Produktes. Liegt eine Produktspezifikation vor, kann die Zuordnung von Akteur, Rolle und Wertschöpfungsleistung vorgenommen werden (Anforderung 6). Dies führt zur Vereinbarung, welche Akteure in dem geplanten Wertschöpfungssystem zur Realisierung eines bestimmten Auftrags zusammenarbeiten werden. Es schließt sich die Errichtung des Wertschöpfungssystems (Instanziierung) an (Anforderung 7). Auf Basis der Produktspezifikation und der Akteurszuordnung kann die konkrete Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems vorgenommen werden. Damit das Wertschöpfungssystem mit der Durchführung des Auftrags beginnen kann, müssen alle Transaktionen vertraglich geregelt werden (Anforderung 8). Um bei mehrstufigen Wertschöpfungssystemen auftragsbezogene Informationen an die vorgelagerten Wertschöpfungsstufen (z. B. Zulieferer) übertragen zu können, müssen Produktspezifikationsdaten ausgetauscht werden (Anforderung 9). Hierbei werden entweder die komplette Produktspezifikation oder nur Ausschnitte von dieser übertragen. Es schließt sich die Durchführung der einzelnen Produktions-

schritte an. Diese müssen in einer vordefinierten Folge nacheinander ausgeführt werden (Anforderung 10). Ist ein Produktionsschritt abgeschlossen, so wird der Auftrag an die aus sachlogischer Sicht nächste Wertschöpfungsstufe weitergegeben (Anforderung 11). Wurden alle Produktionsschritte durchgeführt, muss das Produkt hinsichtlich des Erreichens der aufgenommenen Kundenanforderungen überprüft werden (Anforderung 12). Nach erfolgter Prüfung kann das Produkt an den Kunden übergeben werden (Anforderung 13). Damit ist der einzelne Auftrag beendet. Dies zieht die Auflösung des instanziierten Wertschöpfungssystems nach sich. Die Akteure stehen wieder für einen neuen Auftrag zur Verfügung (Anforderung 14).

In der dargestellten Form umfassen die Anforderungen sowohl die konstitutiven als auch die operationale Entscheidungen von Unternehmen. Zu den konstitutiven Entscheidungen gehören die Einrichtung, Anpassung und Auflösung von Wertschöpfungssystemen (Anforderungen 4, 7 und 14). Operationale Entscheidungen beziehen sich im Gegensatz dazu auf die Durchführung einzelner Aufträge (Anforderungen 1-3, 5, 6 und 8-13). Hierbei kann sowohl auf der Ebene des Auftrags als auch für jede Einzeltransaktion das Transaktionsmodell aus Abschnitt 3.3.1.1.2 angewendet werden. Dabei werden die folgenden fünf Transaktionsphasen unterschieden: Anbahnung, Vereinbarung, Durchführung, Kontrolle und Anpassung. So besteht aus Sicht des gesamten Wertschöpfungssystems die Anbahnungsphase aus der Initiative des Kunden, Interesse an dem Angebot über kundenindividuelle Produkte zu bekunden und an der Erstellung einer Produktspezifikation aktiv mitzuwirken. Die Produktspezifikation ist die Basis für die Herstellung des kundenindividuellen Sachgutes. Mit der Bestellung des Produktes durch den Kunden erfolgt die Vereinbarung zwischen dem Kunden und dem Wertschöpfungssystem. Die Auftragsbearbeitung, Produktion und Distribution des dem Auftrag zugrunde liegenden Sachgutes entspricht hierbei der Durchführungsphase. In der Kontrollphase wird die Erfüllung des Auftrags überprüft und das Wertschöpfungssystem wird bei erfolgreicher Auftragsabwicklung aufgelöst. Kommt es zu Abweichungen von dem vereinbarten Transaktionsgegenstand, so kann dies in einer abschließenden Anpassungsphase korrigiert werden. Das Transaktionsmodell kann jedoch auch auf jede einzelne Transaktion in dem Wertschöpfungssystem übertragen werden. So besteht beispielsweise auch die Produktion aus einzelnen Transaktionen (Durchführung einzelner Produktionsschritte), die sich jeweils aus den genannten Transaktionsphasen zusammensetzen.

Gemäß den bisherigen Annahmen müssen Mass Customization Informationssysteme folgende Anforderungen erfüllen:

1. Erstellung von Produktmodellen
2. Ermittlung der Anforderungen eines Produktmodells
3. Ermittlung der Akteursfähigkeiten
4. Auswahl der Wertschöpfungspartner
5. Erstellung von Produktspezifikationen

6. Festlegung der Akteurszuordnung
7. Errichtung des Wertschöpfungssystems (Instanziierung)
8. Vertragsabschluss mit allen Wertschöpfungsakteuren
9. Austausch von Produktspezifikationsdaten
10. Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen
11. Weitergabe von Aufträgen an nächste Wertschöpfungsstufe
12. Überprüfung des Sachgutes
13. Übergabe des Produkts
14. Auflösung des Wertschöpfungssystems

3.5.2.1 Erstellung von Produktmodellen

Ein Produkt setzt sich aus Komponenten zusammen, die anhand von Attributen näher beschrieben werden. Für jedes Attribut existiert eine Anzahl möglicher Individualisierungswerte, die im Rahmen des Kaufprozesses von den Kunden ausgewählt werden können. Diese Individualisierungsparameter bestimmen den Freiheitsgrad eines Produktmodells. Bezogen auf einen Schuh können beispielsweise der Komponente „Oberleder" die Attribute „Farbe" oder „Ledersorte" zugeordnet werden und dem Attribut „Farbe" die Individualisierungsparameter „braun", rot" oder „schwarz". Ohne Beschränkung der Allgemeinheit lassen sich alle Individualisierungsparameter jeweils über die Attribute den dazugehörigen Komponenten zuordnen. Die einzelnen Komponenten stehen in einer hierarchischen Ordnung zueinander (z. B. Oberteil eines Schuhs besteht aus Oberleder und Futter). Mass Customization Informationssysteme müssen in der Lage sein, die Erstellung von Produktmodellen zu unterstützen. Dies lässt sich wie folgt definieren:

Gegeben seien die Menge ***Komp*** *aller Komponenten mit* $komp_i \in Komp$*, die Menge* ***Attr*** *aller Attribute mit* $attr_j \in Attr$ *und die Menge* ***IW*** *aller Individualisierungswerte mit* $iw_k \in IW$.

$komp_i := (kompname_i, Attr_i)$*, wobei* $kompname_i$ *der eindeutige Name der Komponente ist,* $Attr_i \subseteq Attr$ *und die Teilmenge* $Attr_i$ *alle möglichen Attribute einer Komponenten* $komp_i$ *enthält.* $Attr_i := \{attr_{i,1}; \ldots; attr_{i,m}\}$.

$attr_j := (attrname_j, IW_j)$*, wobei* $attrname_j$ *der eindeutige Name eines Attributes ist,* $IW_j \subseteq IW$ *und die Teilmenge* IW_j *alle möglichen Individualisierungswerte für ein bestimmtes Attribut* $attr_j$ *eine Komponente* $komp_i$ *enthält.*

Gegeben sei außerdem die Menge ***PM*** *aller möglichen Produktmodelle mit* $pm \in PM$ *auf Basis der Menge der Komponenten.*

Sei *erstelleProdmod* die Funktion zur Bildung von Produktmodellen, dann gilt:

S: erstelleProdmod: $Komp^+ \rightarrow PM$
erstelleProdmod($komp_i$) $\rightarrow pm_p$
pre 1. $\forall\ komp_i$: $|Attr_k| \geq 1$
2. $\forall\ attr_k$: $|IW_l| \geq 1$
3. Komponenten bilden Komponentenhierarchie
post 1. $PM = PM \cup \{pm_p\}$
2. Die gebildete Komponentenhierarchie ist gültig und kann gefertigt werden

3.5.2.2 Ermittlung der Anforderungen eines Produktmodells an das Wertschöpfungssystem

Jedes Produktmodell stellt bestimmte Anforderungen an Akteure, die auf dieser Basis in einem Wertschöpfungssystem ein kundenindividuelles Produkt herstellen möchten. Die Liste dieser Anforderungen an das Wertschöpfungssystem ist jeweils spezifisch für das Produktmodell. Als Anforderung werden hierbei die benötigten Produktionsschritte angesehen. Zur Ausführung von Produktionsschritten werden somit jeweils bestimmte Fähigkeiten benötigt. So zieht eine Produktkomponente „Oberteil genäht aus Leder“ bei der Herstellung kundenindividueller Schuhe den Bedarf zum Schneiden und Nähen von Leder nach sich.
Mass Customization Informationssysteme müssen in der Lage sein, die Ableitung fertigungsbezogener Anforderungen an das Wertschöpfungssystem in Form von Produktionsschritten aus den Produktmodellen zu unterstützen.

Gegeben sei die Menge der Produktionsschritte ***Prodstep****, die zur Durchführung eines Kundenauftrags notwendig sind, mit prodstep* $\in$ *Prodstep.*

Sei *ermittleProdsteps* die Funktion zur Ermittlung der leistungsbezogenen Anforderungen an ein Wertschöpfungssystem, dann gilt:

S: ermittleProdsteps: $PM \rightarrow ProdStep$
ermittleProdsteps(pm_i) $\rightarrow prodstep_i$
pre 1. Es liegt ein gültiges Produktmodell vor
2. Es existiert ein Koordinator für zukünftige Wertschöpfungssysteme auf Basis dieses Produktmodells
post 1. Jeder Komponente des Produktmodells ist mindestens ein Produktionsschritt zugeordnet
2. Jeder Individualisierungswert kann mit den ermittelten Produktionsschritten umgesetzt werden
3. Alle notwendigen Produktionsschritte wurden ermittelt

3.5.2.3 Ermittlung der Akteursfähigkeiten

Jeder Akteur *a* weist Fähigkeiten auf, mit denen er sich in ein Wertschöpfungssystem einbringen kann. Ausgehend von einer Menge aller Fähigkeiten, die prinzipiell zur Verfügung stehen

können, und der Menge der vorhandenen Akteure, ergibt sich mit *ermittleAkteure* die Menge der Akteure, die eine bestimmte Fähigkeit haben.

> *Gegeben sei die Menge aller Fähigkeiten **Fh**, die Akteure in Wertschöpfungssystemen grundsätzlich übernehmen können, mit $Fh := \{fh_1, fh_2, \ldots, fh_n\}$.*
>
> *Gegeben sei außerdem die Menge **AF_i**, die für jede ausgewählte Fähigkeit fh_i die Menge der zur Verfügung stehenden Akteure enthält, mit $AF := \{af_1, af_2, \ldots, af_m\}$.*

Es gilt damit:

```
S:   ermittleAkteure: A × Fh → AF
     ermittleAkteure(aj, fhi) → AFi
     pre    1. Alle Akteursinformationen liegen vor
            2. Akteursfähigkeiten entsprechen den benötigten
               produktbezogenen Anforderungen (Produktionsschritte)
     post   1. |AFi| ≥ 1
            2. AF enthält für jede Fähigkeit fhi die Menge aller Akteure,
               die diese Fähigkeit besitzen
            3. Es liegen nur gültige Beziehungen zwischen den Akteuren und
               ihren Fähigkeiten vor
```

Als Ergebnis dieser Funktion liegen Erkenntnisse darüber vor, von welchen Akteuren die ermittelten produktbezogenen Anforderungen prinzipiell übernommen werden können. Dabei korrespondieren in der vorliegenden Arbeit die produktbezogenen Anforderungen mit den Fähigkeiten der Akteure, d. h. sie entsprechen den benötigten Produktionsschritten (z. B. „Leder schneiden“). Jeder Akteur weist Fähigkeiten auf, die zur Erfüllung einer Produktionsanforderung $prodstep_i$ notwendig ist (Abbildung 34).

Akteur / Fähigkeit	a_1	a_2	a_3	…	a_n
fh_1	X	X	X		
fh_2					
fh_3		X	X		
fh_4	X				
…					
fh_m		X	X		X

Legende: X – Fähigkeit ist vorhanden

Abbildung 34: Zuordnung von Akteuren und deren Fähigkeiten

Damit ergibt sich für $af_1 \ldots af_n$:

$$af_1 := \{fh_1, fh_4\};\ af_2 := \{fh_1, fh_3, fh_m\};\ af_3 := \{fh_1, fh_3, fh_m\};\ af_n := \{fh_m\}$$

Die Fähigkeit fh_2 wird in dem dargestellten Beispiel nicht benötigt und ist deshalb grau dargestellt.

3.5.2.4 Auswahl der Wertschöpfungspartner

Damit ein Wertschöpfungssystem die in Aussicht gestellte Leistung erbringen kann, müssen die Akteure die funktionalen Anforderungen des Produktmodells erfüllen. Ergänzend zu diesen Anforderungen unterliegt die Auswahl auch organisatorischen oder ökonomischen Nebenbedingungen.

> *Gegeben sei die Menge **AMatch$_i$**, in der die für einen Produktionsschritt zur Verfügung stehenden sowie unter organisatorischen und ökonomischen Nebenbedingungen ausgewählten Akteure enthalten sind.*

Sei *waehleAkteure* die Funktion zur Ermittlung der organisatorisch und ökonomisch relevanten Akteure, so gilt:

```
S:  waehleAkteure: AFi × Prodstepi → AMatchi
    waehleAkteure(afi, prodstepi) → amatchi
    pre    1. AFi ≠ ∅  ∧  Prodstepi ≠ ∅
           2. Die Akteure erklären die Bereitschaft zur Mitwirkung in ei-
              nem Wertschöpfungssystem
    post   1. Ökonomische Nebenbedingungen wurden berücksichtigt
           2. Jedem Produktionsschritt ist mindestens ein Akteur zugeord-
              net
```

Als Ergebnis dieser Funktion liegt eine Zuweisung zwischen den produktbezogenen Anforderungen an das Wertschöpfungssystem und den dafür prinzipiell in Frage kommenden Akteuren vor. Dies setzt eine Optimierungsfunktion voraus, die unter den Bedingungen wie z. B. Lieferzeit oder Stückpreise für eine Komponente die Eingrenzung der Auswahl möglicher Akteure vornimmt. Wie in Abbildung 35 dargestellt, findet zu diesem Zeitpunkt eine Eingrenzung der Akteure statt. Für jede Produktionsanforderung $prodstep_i$ existiert also eine Fähigkeit fh_i, die Akteure zum Erfüllen der Anforderung aufweisen müssen. In diesem Teilschritt werden somit die potenziellen Wertschöpfungspartner bzw. Produktionsnetzwerke identifiziert. Die Anforderung $prodstep_2$ ist in dem dargestellten Beispiel für das geplante Produkt unerheblich und deshalb grau dargestellt (vgl. Abschnitt 3.5.2.4). Für Anforderung $prodstep_1$ wurden die Akteure a_1 und a_2, für $prodstep_3$ die Akteure a_2 und a_3, für $prodstep_4$ der Akteur a_1 und schließlich für $prodstep_m$ die Akteure a_2, a_3 und a_n als potenzielle Teilnehmer eines Wertschöpfungssystems ermittelt. a_3 wird beispielsweise aufgrund zu geringer Lagerkapazitäten für $prodstep_1$ nicht berücksichtigt.

Fähigkeit \ Akteurs-fähigkeit	af_1	af_2	af_3	…	af_n
$prodstep_1$	X	X	X		
$prodstep_2$					
$prodstep_3$		X	X		
$prodstep_4$	X				
…					
$prodstep_m$		X	X		X

Legende: X – Fähigkeit ist vorhanden

Abbildung 35: Zuordnung von Produktanforderungen und potenziell verfügbaren Akteuren

Mit dieser Funktion wird noch kein Wertschöpfungssystem für einen bestimmten Auftrag errichtet, da die produktbezogenen Anforderungen in Form einer Produktspezifikation noch nicht vorliegen. Es entsteht eine allgemeine Akteurskonstellation, die zur Erfüllung aller möglichen Aufträge auf Basis des Produktmodells benötigt wird.

3.5.2.5 Erstellung von Produktspezifikationen

Das Produktmodell enthält die Menge aller Kombinationen zur Produktindividualisierung. Zur Erfüllung eines Auftrags wird eine einzelne Produktspezifikation benötigt, damit das Sachgut eindeutig und vollständig beschrieben und das kundenspezifische Wertschöpfungssystem errichtet werden kann.

> *Gegeben sei die Menge **PS** aller Produktspezifikationen, in denen für jedes Attribut $attrib_i$ der Komponente $komp_j$ ein Individualisierungswert $iw_{i,j}$ enthalten ist, mit $ps \in PS$.*

Die Funktion *erstelleProdspez* beschreibt die Erstellung einer Produktspezifikation auf Basis eines Produktmodells. Ergebnis ist eine einzelne Produktspezifikation, die für alle Attribute der Produktkomponenten die gewünschten Individualisierungswerte enthält.

```
S:   erstelleProdspez: PM → PS
     erstelleProdspez(pmi) → psj
     pre    1. Für die Erstellung der Produktspezifikation steht ein Spezi-
               fizierungsintermediär zur Verfügung
            2. Der Kunde wirkt an der Erstellung der Produktspezifikation
               mit
     post   1. Die ermittelten Individualisierungswerte stehen nicht in
               Konflikt zueinander
            2. Für jedes Attribut wird ein Individualisierungswert ermit-
               telt
            3. Die ermittelte Produktspezifikation ist gültig und vollstän-
               dig
```

3.5.2.6 Festlegung der Akteurszuordnung

Bei der Definition der Wertschöpfungsstufen werden den zur Verfügung stehenden Akteuren die Rollen im Wertschöpfungssystem zugeordnet. Aus der Menge der passenden Akteure wird jedem Element mindestens eine Rolle im Wertschöpfungssystem zugeordnet. Die Funktion *bestimmeWSS* stellt sicher, dass ein Wertschöpfungssystem auf Basis der für ein bestimmtes Produktmodell ausgewählten Akteure definiert wird. Als Ergebnis liegt eine Zusammenstellung von Akteuren vor, die als Leistung das Angebot zur Herstellung eines bestimmten kundenindividuellen Sachgutes bereitstellen. Es gilt:

> *Gegeben sei die Menge* ***WSS*** *aller Wertschöpfungssysteme mit* $wss_i \in WSS$*, bei der gilt:*
> $wss := \{(a, prodstep, r) \mid a \in A \wedge prodstep \in Prodstep \wedge r \in R\}$

```
S:   bestimmeWSS: AMatch × Prodstep × R → WSS
     bestimmeWSS(amatchi, prodstepi, ri) → wssi
     pre    1. Es liegt eine gültige Produktspezifikation vor
            2. Die zugeordneten Akteure sind verfügbar und nicht durch Be-
               teiligung in anderen Wertschöpfungssystemen gesperrt
            3. |AMatch| ≥ 1  ∧  |Prodstep| ≥ 1
     post   1. Jede Rolle wurde mindestens einem Akteur zugeordnet
            2. Jedem Akteur wurden n ≥ 1 Rollen zugewiesen
            3. Die Produktionsreihenfolge liegt jetzt in Form eines k-
               Tupels vor
```

Nach Abschluss der Zuordnung wurden jedem Produktionsschritt und jeder Produktkomponente der verantwortliche Akteur und die von ihm wahrzunehmenden Rollen zugeordnet. Damit steht fest, welche Akteure in dem Wertschöpfungssystem der vorliegenden Produktspezifikation mitwirken, welche Rollen diese übernehmen und in welcher Reihenfolge die Akteure miteinander interagieren. In dem dargestellten Fall übernimmt somit der Akteur a_2 die Umsetzung der Produktanforderung $prodstep_1$, Akteur a_3 die Anforderung $prodstep_3$, Ak-

teur a_1 die Anforderung *prodstep₄* und Akteur a_n die Anforderung $prodstep_m$ (Abbildung 36, graue Schraffierung). Mit diesem Teilschritt wird das konkrete Wertschöpfungssystem festgelegt und es kann instanziiert werden.

Fähigkeit \ Akteursfähigkeit	af_1	af_2	af_3	…	af_n
$prodstep_1$	X	X	X		
$prodstep_2$					
$prodstep_3$		X	X		
$prodstep_4$	X				
…					
$prodstep_m$		X	X		X

Legende: X – Fähigkeit ist vorhanden

Abbildung 36: Zuordnung von Produktanforderungen und zugeordneten Akteuren

3.5.2.7 Errichtung des Wertschöpfungssystems (Instanziierung)

Nach der Erstellung einer Produktspezifikation kann das kundenspezifische Wertschöpfungssystem gebildet werden. Dies wird als Instanziierung bezeichnet, da auf Basis der prinzipiell möglichen Wertschöpfungssysteme eine spezifische Wertschöpfungskonfiguration festgelegt wird. Mass Customization Informationssysteme müssen in der Lage sein, unter Verwendung einer bestimmten Produktspezifikation die Akteurskonstellation anpassen zu können, um ein konkretes Wertschöpfungssystem zu bilden. Die Funktion *instanziiereWSS* initialisiert das für die Erfüllung des Auftrags notwendige Wertschöpfungssystem (wss_v). Es gilt:

```
S:   instanziiereWSS: PS → WSS
     instanziiereWSS(ps_u) → wss_v
     pre    1. Ein Kundenauftrag liegt in Form einer Produktspezifikation
               vor
            2. Die ausgewählten Akteure sind verfügbar und können die ver-
               einbarte Transaktion sicherstellen
     post   1. Jeder Akteur hat eindeutige Zuordnung zu Transaktionen
            2. Jeder Transaktion sind zwei Akteure zugeordnet
            3. Jeder Akteur hat sich zur Transaktion verpflichtet
```

3.5.2.8 Vertragsabschluss mit allen Wertschöpfungsakteuren

Gemäß dem Verständnis der Prinzipal-Agenten-Theorie sind Verträge die Basis der Austauschbeziehungen. In dem instanziierten Wertschöpfungssystem müssen somit alle geplanten Transaktionen durch Verträge mit den betroffenen Akteuren verbindlich vereinbart werden. Mass Customization Informationssysteme müssen daher in der Lage sein, nach der Auswahl von Wertschöpfungspartnern und der Errichtung von Wertschöpfungssystemen die verbindliche Vereinbarung der Zusammenarbeit mit rechtlichen und organisatorischen Maßnahmen zu unterstützen. Dabei wird in der vorliegenden Arbeit und in dem Modell des Wertschöpfungssystems angenommen, dass die Akteure nach Vertragsabschluss die eingegangenen Verpflichtungen erfüllen, d. h. die getätigten Zusagen werden eingehalten.

> *Gegeben sei die Menge* $\mathbf{V_i}$ *aller Verträge zwischen den Akteuren eines instanziierten Wertschöpfungssystems* wss_i *mit* $v_{i,j} \in V_i$.

Die Funktion *erstelleVertrag* erstellt für jede Transaktion t_k zwischen zwei Akteuren a_1 und a_2 einen Vertrag $v_{k,1,2}$. Dabei gilt:

```
S:   erstelleVertrag: A × A × T → Vi
     erstelleVertrag(tk, a1, a2) → vk,1,2
     pre     1. a1 ∈ AMatch  ∧  a2 ∈ AMatch
             2. vk,1,2 ∉ Vi
             3. Für jede Transaktion wird ein Vertrag angestrebt
     post    1. vk,1,2 ∈ Vi
             2. |Vi| ≥ 1
             3. Der Vertrag ist spezifiziert
             4. Jeder Akteur hat den vereinbarten Vertrag abgeschlossen
```

3.5.2.9 Austausch von Produktspezifikationsdaten

Damit die an der Wertschöpfung beteiligten Akteure ihre Transaktionen durchführen können, ist die Weitergabe von Produktspezifikationsdaten notwendig. Da jedoch nicht jeder Akteur die komplette Produktspezifikation benötigt oder eine Weitergabe mancher Daten aus rechtlichen oder organisatorischen Gründen nicht erwünscht ist, müssen vor dem Austausch Teilmengen der Produktspezifikation erstellt werden. Mass Customization Informationssysteme müssen in der Lage sein, Produktspezifikationen in Abhängigkeit von den durch die Akteuren übernommenen Transaktionen aufzuteilen und die jeweils benötigten Teildaten an die relevanten Akteure zu übertragen.

> *Gegeben sei die Menge* $\mathbf{PSAkteur_i}$*, die für einen Akteur* a_i *die benötigten Bestandteile der Produktspezifikation* ps_j *enthält, mit* $psakteur_{i,j} \in PSAkteur_i$.

Gegeben sei außerdem die Menge ***PSTeil*** *⊆ PS, die Teilmengen einer Produktspezifikationen bilden, mit psteil ∈ PSTeil.*

Die Funktion *sendeProdspez* überträgt eine Teilmenge der Produktspezifikationsdaten von einem Akteur a_1 auf den nachfolgenden Akteur a_2, der die Individualisierungsdaten für die Fertigung des Sachgutes oder die bestellten Komponenten benötigt. Dabei gilt:

```
S:   sendeProdspez: A × A × PS → PSAkteur
     sendeProdspez(a1, a2, psj) → (psakteurj,1,2)
     pre     1. a1 ∈ AMatch  ∧  a2 ∈ AMatch
             2. psakteur := (a2, PSTeil)
             3. PSTeil ⊆ PS
             4. (a1 × ps)
             5. Es besteht für die Produktspezifikation psj ein Vertrag zwi-
                schen a1 und a2
     post    1. |PSAkteur| ≥ 1
             2. (a2 × psakteur)
```

3.5.2.10 Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen

Zur Erfüllung des Kundenauftrags ist die Durchführung aller Transaktionen des instanziierten Wertschöpfungssystems notwendig. Eine Anforderung an Mass Customization Informationssysteme besteht darin, die geordnete Ausführung der einzelnen Wertschöpfungstransaktionen sicherzustellen. Die Funktion *starteTransaktion* führt eine Transaktion *t* aus, wobei diese Transaktion bislang noch nicht durchgeführt wurde und alle für die Ausführung vorausgesetzten Transaktionsergebnisse bereits vorliegen. Es gilt:

```
S:   starteTransaktion: T → T
     starteTransaktion(ti) → ti
     pre     1. Alle benötigten Ergebnisse vorgelagerter Transaktionen lie-
                gen vor
             2. Die benötigten Akteure haben sich zur Ausführung der Trans-
                aktion verpflichtet und stehen zur Verfügung
             3. Die Transaktion ti repräsentiert einen Wertschöpfungs-
                schritt, der zur Erfüllung des Kundenauftrags notwendig ist
             4. Der für die Transaktion notwendige Teil der Produktspezifi-
                kation liegt vor
     post    1. Transaktionsziel wurde erfüllt
             2. Es liegen keine Konflikte mit anderen Transaktionen vor
             3. Struktur kann jetzt wieder freigegeben werden
```

3.5.2.11 Weitergabe von Aufträgen an die nächste Wertschöpfungsstufe

Sobald eine Transaktion abgeschlossen wurde, muss aufgrund der Mehrstufigkeit des Wertschöpfungssystems der Auftrag an die nächste Wertschöpfungsstufe weitergegeben werden. Mass Customization Informationssysteme müssen die überbetriebliche Weitergabe von Auf-

trags- und Transaktionsinformationen unterstützen. Die Funktion *starteNaechstestufe* weist nach Abschluss einer Transaktion t_1 durch den Akteur a_1 den Auftrag an einen Akteur a_2 mit der Transaktion t_2 weiter. Es gilt:

```
S:   starteNaechstestufe: A × T → A × T
     starteNaechstestufe(a₁, t₁) → (a₂, t₂)
     pre    1. Der Akteur a₁ ist für die Transaktion t₁ zuständig
            2. Der Akteur a₂ ist für die Transaktion t₂ zuständig
            3. (a₁ × t₁)
            4. Die Akteure a₁ und a₂ sind verfügbar
            5. Transaktion t₁ ist beendet
     post   1. Die Transaktion wurde erfolgreich beendet
            2. (a₂ × t₂)
            3. Transaktion t₂ wird begonnen
```

3.5.2.12 Überprüfung des Sachgutes

Nach Beendigung der Herstellung muss das Sachgut vor der Auslieferung an den Kunden überprüft werden. Dabei wird der Deckungsgrad zwischen den Kundenanforderungen in Form der Individualisierungsparameter und den tatsächlichen Produkteigenschaften ermittelt.

> *Gegeben sei die Menge* ***PE*** *aller physischen Produkteigenschaften eines hergestellten Sachgutes mit $pe_i \in PE$, welche die tatsächliche Ausprägung der Individualisierungswerte der Produktspezifikation repräsentieren.*

Die Funktion *pruefeProdukt* vergleicht dabei die Eigenschaften eines Produktes p_i mit den produktbezogenen Anforderungen in Form der gewählten Individualisierungswerte. Es gilt:

```
S:   pruefeProdukt: PE → IW
     pruefeProdukt(peᵢ) → (iwᵢ)
     pre    1. Jede Produkteigenschaft wird von einem Element der Menge PE
               repräsentiert
            2. Für jede Produkteigenschaft existiert ein Individualisie-
               rungswert
            3. Das kundenindividuelle Sachgut liegt vor
     post   1. Grad der Sachgutqualität ergibt sich aus der Deckung zwi-
               schen Produkteigenschaften und Individualisierungswerten
            2. Überprüfung ist erfolgreich, falls Deckungsgrad ermittelt
               wurde
            3. Freigabe des Produktes erfolgt, falls Deckungsgrad einen
               gegebenen Schwellenwert DG_min überschreitet
```

3.5.2.13 Übergabe des Produkts

Sobald das Sachgut hergestellt und überprüft wurde, kann es dem Kunden übergeben werden. Die Sachgutlogistik übernimmt, wie im Modell des Mass Customization Wertschöpfungssys-

tems in dieser Arbeit angenommen, der Akteur mit der Rolle „MC-Koordinator“ (vgl. Abschnitt 3.2). Da der Kunde bei Mass Customization insbesondere bei der Produktspezifizierung in das Wertschöpfungssystem integriert wird, müssen Mass Customization Informationssysteme den Informationsaustausch zwischen Kunde und Wertschöpfungssystem unterstützen. Die Funktion *liefereProdukt* stellt dabei sicher, dass nach Abschluss der Auftragsbearbeitung die Distribution des Sachgutes vorgenommen wird.

> *Gegeben sei die Menge **P** aller Produkte, die von einem Wertschöpfungsmodell auf Basis eines Produktmodells erstellt werden können, mit* $p_i \in P$.

Es gilt dann:

```
S:   liefereProdukt: A × P → A × P
     liefereProdukt(a₁, p) → (a₂, p)
     pre     1. Produkt wurde erfolgreich hergestellt und freigegeben
             2. a₁ ist Rolle "Kunde" zugeordnet
             3. a₂ ist Rolle "MC-Koordinator" zugeordnet
             4. (a₁ × p, a₂)
     post    1. (a₁, a₂ × p)
```

3.5.2.14 Auflösung des Wertschöpfungssystems

Nachdem der Kundenauftrag erfüllt wurde, kann das Wertschöpfungssystem aufgelöst werden. Dies beendet die auftragsbezogene Zusammenarbeit der Akteure und entkoppelt diese von den zugeteilten Rollen. Mass Customization Informationssysteme müssen somit in der Lage sein, die dynamisch gebildeten Wertschöpfungssysteme bei Bedarf zu beenden. Die Funktion *beendeWSS* stellt dabei sicher, dass das instanziierte Wertschöpfungssystem wss_i aus der Menge aller Wertschöpfungssysteme zu einer bestimmten Zeit entfernt wird. Es gilt:

```
S:   beendeWSS: WSS → WSS
     beendeWSS(wssᵢ) → wssᵢ
     pre     1. Akteur mit Rolle "MC-Koordinator" initiiert die Auflösung
                des Wertschöpfungssystems
             2. wssᵢ ∈ WSS
             3. Auftrag ist erfüllt
     post    1. wssᵢ ∉ WSS
             2. Alle Akteure stehen für weitere Wertschöpfungssysteme zu
                Verfügung
```

4 Vergleichende Darstellung ausgewählter Konzepte für MC-Informationssystem-Architekturen

In der theoriebasierten Analyse wurden die Anforderungen an Informationssysteme abgeleitet, die zur Unterstützung der Wettbewerbsstrategie Mass Customization erfüllt sein müssen. Auf dieser Grundlage können vorhandene Konzepte auf ihre Eignung überprüft werden. In den folgenden Abschnitten werden für die beiden Themenbereiche „überbetriebliche Zusammenarbeit“ und „Produktindividualisierung“ existierende Lösungskonzepte dargestellt und hinsichtlich der Anforderungserfüllung bewertet. Diese beiden Themen unterstützen mittelbar die Umsetzung von Mass Customization. In Ergänzung dazu werden weitere IS-Konzepte vorgestellt, die speziell in Hinblick auf die Wettbewerbsstrategie Mass Customization entwickelt wurden und dadurch unmittelbare Unterstützung leisten sollen. Die nachfolgend erläuterten Konzepte sind in Abbildung 37 als Übersicht zusammengestellt.

Informationssystemkonzepte für die überbetriebliche Zusammenarbeit (4.1)

Supply Chain Management Konzepte
- SCOR-Modell (4.1.1.1)
- House of Supply Chain Management (4.1.1.2)

Informationstechnologische Konzepte
- Electronic Data Interchange (EDI) (4.1.2.1)
- ebXML (4.1.2.2)
- RosettaNet (4.1.2.3)
- Service-orientierte Architekturen (4.1.2.4)
- Web Service Spezifikationen (4.1.2.5)

Informationssysteme für die Produkt-individualisierung (4.2)

Methoden zur Produktkonfigurierung
- Darstellungsbasierte Ansätze (4.2.1.1)
- Aufgabenbasierte Ansätze (4.2.1.2)
- Case Based Reasoning (4.2.1.3)
- Hybride Ansätze (4.2.1.4)

Methoden der Produktmodellierung und des Produktdatenaustausches
- STEP (4.2.2.1)
- BMEcat (4.2.2.2)
- cXML (4.2.2.3)
- xCBL (4.2.2.4)
- eCX XML (4.2.2.5)
- Nummern- und Klassifikationssysteme (4.2.2.6)

Konzepte für Mass Customization Informationssysteme

Dedizierte Informationssysteme für Mass Customization (4.3)

- Web Services basierte Architektur für Mass Customization nach Agrawal und Nandkeolyar (4.3.1)
- Agentenbasiertes E-Commerce-Konzept für Mass Customization nach Turowski (4.3.2)
- Mass Customization Architektur nach Aldous und Nicholls (4.3.3)
- Mass Customization Produktmodell nach Janitza et al. (4.3.4)
- Multiagentenbasiertes Konzept zur Beherrschung von Variantenvielfalt in Mass Customization nach Blecker et al. (4.3.5)

Abbildung 37: Übersicht der dargestellten IS-Konzepte für Mass Customization

4.1 Informationssystemkonzepte für die überbetriebliche Zusammenarbeit

4.1.1 Supply Chain Management

Gegenstand des Supply Chain Managements (SCM) ist die umfassende Betrachtung und Abstimmung aller Teilnehmer in Logistikketten bzw. -netzwerken. Ein Logistiknetzwerk, das aufgrund der ganzheitlichen Betrachtung über die Wahrnehmung einzelner Teilnehmer hinausgeht und somit als logische Erweiterung der Logistikkette verstanden werden kann [Vahr99], besteht hierbei nicht ausschließlich aus Teilnehmern, die materiallogistisch tätig sind. Der Begriff ist umfassender zu verstehen und bezeichnet flussorientierte und wandelbare Wertschöpfungssysteme [Sten99]. Dies zieht weiterhin nach sich, dass auch Informations- und Finanzflüsse Gegenstandsbereich des SCM sind [Stad00]. Im SCM, das auch in der deutschsprachigen Literatur häufig in dieser englischen Bezeichnung verwendet wird (z. B. in [Wern02; Thal03; Arnd04]), werden mit der Optimierung des Gesamtsystems folgende Zielsetzungen verfolgt:

- Orientierung am Nutzen des Endkunden,
- Steigerung der Kundenzufriedenheit durch bedarfsgerechte Anlieferung,
- rasche Anpassungen an Änderungen des Marktes,
- Vermeidung von „Out-of-Stock“-Situationen,
- Senkung der Bestände in der Logistikkette und damit verbunden eine Senkung der Kosten für das Vorhalten von Beständen,
- Verstetigung des Güterstroms und der damit möglichen Vereinfachung der Steuerung,
- höhere Effizienz der Produktionssteuerung und der Kapazitätsplanung durch unternehmensübergreifende Steuerung und
- Verkürzung der Auftragsdurchlaufzeiten im Zeitwettbewerb [Vahr99].

Theoretisch kann die Entstehung des SCM mit unterschiedlichen Ansätzen begründet werden. Vertreter der wettbewerbsstrategischen Forschung argumentieren, dass Wettbewerb zukünftig nicht mehr zwischen Unternehmen, sondern zwischen Logistikketten stattfindet und dies zu einer verstärkten Ausrichtung auf die Kunden führen wird [Vahr99; 312f.; Chri93, 12ff.]. Innerhalb der Betriebswirtschaftslehre stellt die Kooperation eine der möglichen Koordinationsformen zwischen Unternehmen dar. Die vertikale Kooperation fokussiert die Zusammenarbeit von Unternehmen aufeinander folgender Wertschöpfungsstufen mit dem Ziel, Nutzengewinne zu erzielen [Vahr99, 314]. Das Zustandekommen von Kooperationen lässt sich auch anhand der Transaktionskostentheorie erklären. Demnach weist die Kooperation gegenüber anderen Koordinationsformen, die nicht im engeren Fokus des SCM stehen (Markt und Hierarchie), Vorteile auf (z. B. geringere Kosten bei der Suche nach Abnehmern und Lieferanten im Vergleich zum Markt oder reduziertes opportunistisches Verhalten im Vergleich zur Hierarchie) [Vahr99, 316ff.]. Inwieweit die Argumente in der praktischen Anwendung zutreffend sind, ist

im Einzelfall zu prüfen. Im Sinne einer dialektischen Betrachtung stellen die drei genannten Argumentationslinien Begründungen für Kooperationen und deren gezielte Gestaltung im Sinne des SCM dar.
Neben überwiegend an der Praxis orientierten Konzepten (z. B. [JaKä03]) sind in den letzten Jahren theoretische Konzepte des SCM entwickelt worden. Hierzu gehören das „SCOR-Modell" (Supply Chain Operation Reference-Modell) des *Supply-Chain Councils* [SCCo06] und das „House of Supply Chain Management" (HSCM) [Stad00].

4.1.1.1 Das SCOR-Modell

Das SCOR-Modell (z. Zt. in Version 8.0 verfügbar) ist ein Instrument zur Darstellung, Analyse und Ausgestaltung von Logistikketten. Es ist ein Referenzprozessmodell, in dem jedoch formale Beschreibungen und Optimierungsmethoden nicht enthalten sind. Unter Verwendung einer einheitlichen Terminologie soll eine Verbesserung der Kommunikation zwischen Logistikketten erreicht werden [MRSS00]. Das SCOR-Modell besteht aus drei Ebenen (Abbildung 38). Auf der **Ebene 1** („Top Level" bzw. „Process Type") werden die verfügbaren SCOR-Prozesse definiert: *Plan* (Planen von Verbrauch und Zulieferung), *Source* (Beschaffung von Lager-, Make-to-Order- und Engineer-to-Order-Produkten), *Make* (Produktion von Make-to-Stock-, Make-to-Order- und Engineer-to-Order-Produkten), *Deliver* (Distribution im Sinne von Transport und Koordination der Warenströme von Lager-, Make-to-Order- und Engineer-to-Order-Produkten) und *Return* (Warenrückflüsse, z. B. Recycling oder Vernichtung). Jeder Prozess im SCOR-Modell besteht aus Prozesselementen, die aus Aufgaben bestehen. Aufgaben lassen sich wiederum in einzelne Aktivitäten aufgliedern [SCCo06, 4-5]. Die Zusammenstellung von Logistikketten (hier als „Konfiguration" bezeichnet) findet auf **Ebene 2** („Configuration Level" bzw. „Process Categories") statt. Mittels Verfeinerung der Prozesse unter Hinzunahme des Kriteriums Prozesstyp („Planning", „Execution" und „Enable") kann eine Logistikkette aus ca. 30 Prozesskategorien modelliert werden [SCCo06, 7]. Auf der **Ebene 3** („Process Element Level" bzw. „Decompose Processes") wird die gebildete Logistikkette mit zusätzlichen, unternehmensspezifischen Informationen angereichert und verfeinert (z. B. Eingangs- und Ausgangsparameter, Leistungsmetriken, Best-Practice-Lösungen, Kapazitäten, Systemunterstützung etc.) [SCCo06, 6]. Auf einer **vierten Ebene** („Implementation Level" bzw. „Decompose Process Elements"), die jedoch vom SCOR-Modell nicht näher betrachtet wird, findet die betriebliche und systemtechnische Implementierung der SCM-Methoden statt [SCCo06, 6].

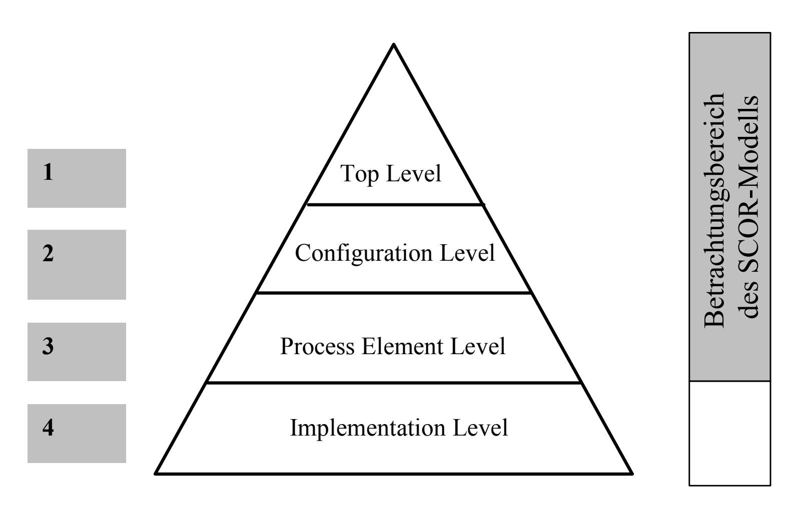


Abbildung 38: Das SCOR-Modell im Überblick [in Anlehnung an SCCo06, 6]

In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 eignet sich das SCOR-Modell für die Auswahl von Wertschöpfungspartnern, die Festlegung der Akteurszuordnung, die vertragliche Gestaltung der Austauschbeziehungen sowie die Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen. Die Modellierung der Auftragsweitergabe an die nächste Wertschöpfungsstufe und die Übergabe von einem Produkt an den Kunden kann anhand der genannten SCOR-Prozesse („Source", „Plan", „Make", „Deliver" und „Return") erfolgen. Die Auflösung von Wertschöpfungssystemen lässt sich damit ebenso darstellen. Ungeeignet erscheint das SCOR-Modell für die Modellierung von Produkten, die Umsetzung der Individualisierbarkeit von Produkten sowie für den produktbezogenen Austausch von Auftragsinformationen. Aufgrund der strategischen Ausrichtung des SCOR-Modells sind darin außerdem keine ausreichenden informationstechnologischen Instrumente und Methoden beschrieben.

4.1.1.2 Das „House of Supply Chain Management"

Das „House of Supply Chain Management" [Stad00] (HSCM) stellt die unterschiedlichen" Facetten des SCM modellhaft dar (Abbildung 39). Das Dach umfasst die zwei wesentlichen Ziele des SCM: Wettbewerbsfähigkeit und Kundenservice. Die Methoden und Instrumente des SCM müssen an diesen Zielen ausgerichtet werden und ihren Erfüllungsgrad vergrößern. Die beiden Säulen repräsentieren die wesentlichen Komponenten des HSCM. Während die eine Säule („Integration") zur Bildung von Unternehmensnetzwerken beitragen soll, fokussiert die andere Säule („Koordination") die Abstimmungsprozesse der Informations-, Waren- und Finanzflüsse [Stad00].

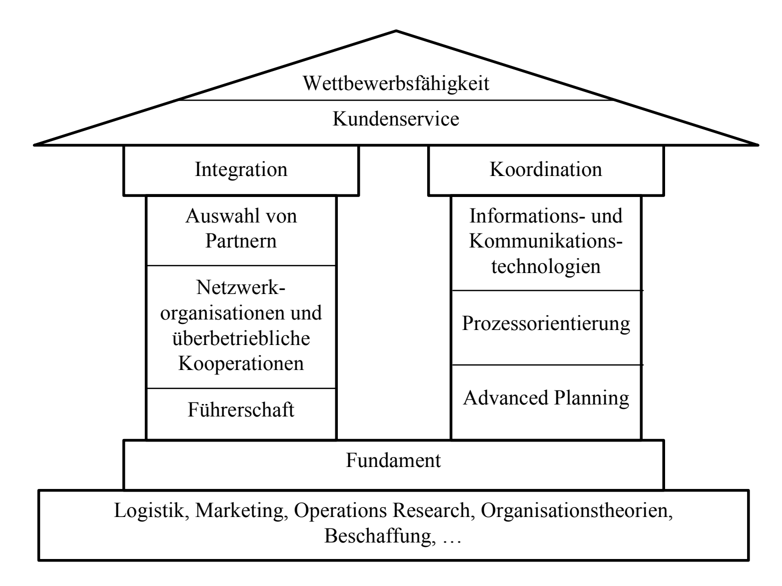


Abbildung 39: Das Haus des Supply Chain Managements [in Anlehnung an Stad00, 10]

Die Integrationssäule umfasst drei Aktivitäten: Auswahl von Partnern, Errichtung von Netzwerkorganisationen und von überbetrieblichen Kooperationen sowie das Streben nach Marktführerschaft. Vor der Wahl der Partnern für ein Logistiknetzwerk steht die Festlegung des Produkt- bzw. Leistungsprogramms für einen bestimmten Markt. Die Zuordnung von Wertschöpfungsaktivitäten zu den beteiligten Partnern kann auf Basis ihrer Kernkompetenzen vorgenommen werden. Mit der Entscheidung für die Einbindung neuer Partner ist somit die Frage der Make-Or-Buy-Alternative eng verbunden. Die Errichtung von Netzwerkorganisationen mit überbetrieblichen Kooperationen gilt als Voraussetzung für erfolgreiche Logistiknetzwerke. Unternehmen bleiben rechtlich selbständig und teilen Wissen sowie Informationen untereinander. Da das Risiko der Auflösung von Kooperationen permanent besteht, werden „harte" (z. B. vertragliche Regelungen) oder „weiche" Verpflichtungen (z. B. soziale Verbindungen) eingegangen, die den Fortbestand des Netzwerkes sichern sollen. Das Streben nach Führerschaft widerspricht dezentralen und gleichberechtigten Ansätzen der Zusammenarbeit [Stad00, 12ff.]. Dennoch weisen Handlungs- oder Machtkonzentrationen Vorteile in der Koordinierung gemeinsamer Aktivitäten auf (vgl. fokale Unternehmen [Busc99, 455]). Die Koordinationssäule umfasst IuK-Technologien, Prozessorientierung und Advanced Planning, um die Abstimmungsprozesse der Informations-, Material- und Finanzflüsse in und zwischen Unternehmen zu optimieren. IuK-Technologien sollen dazu beitragen, die Kommunikationsbeziehungen mittels systemtechnischer Unterstützung zu verbessern. Die Prozessorientierung ermöglicht die Betrachtung von Unternehmensaktivitäten aus einer dynamischen Perspektive. Das Denken und Handeln in Prozessen lässt die Analyse vorhandener Abläufe sowie deren

Anpassung und Optimierung zu. Das Advanced Planning beinhaltet kurz-, mittel- und langfristige Planungsebenen. Advanced Planning Systeme (APS) gelten als Ergänzung zu bisherigen Enterprise Resource Planning (ERP) Systemen, da diese primär Transaktionen ausführen, während APS die Planung übernehmen (z. B. Maschineneintaktung, Lagerbestände etc.) [Stad00, 16ff.]. Das Fundament schließlich stellt die weiterhin benötigten Konzepte und Instrumente dar, die für ein erfolgreiches SCM benötigt werden: Marketing, Organisationstheorien, Beschaffung etc. [Stad00, 17]. Das HSCM ist konzeptioneller Natur und besteht vor allem aus unformal gehaltenen Modellen. Formale Beschreibungsvorschriften für die einzelnen Modellbestandteile existieren nicht.

Bezogen auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 eignet sich das HSCM-Modell zur Ermittlung von Akteursfähigkeiten sowie für die Auswahl von Wertschöpfungspartnern. Die prozessorientierte Betrachtung erlaubt außerdem die Modellierung von Wertschöpfungstransaktionen. Obwohl die Erstellung eines Produkt- und Leistungsprogramms explizit im Modell berücksichtigt wird, sind die im HSCM enthaltenen Instrumente nicht ausreichend für die Produktindividualisierung und deren Umsetzung innerhalb von Wertschöpfungssystemen. Auch das HSCM ist hat strategische Ausrichtung und enthält keine Instrumente und Methoden für den Aufbau von Informationssystemen.

4.1.2 Informationstechnologien zur Unterstützung des überbetrieblichen Geschäftsverkehrs

Die Beschreibungen der Grundkonzepte des Supply Chain Managements verdeutlichen, dass die Verwendung technologischer Ansätze unverzichtbar ist. Es ist feststellbar, dass einige der Technologien in der Literatur als Bestandteil des SCM bezeichnet werden und andere als umfassende Lösungskonzepte gelten. Im Folgenden werden derzeit verfügbare Methoden und Konzepte dargestellt, klassifiziert und bewertet. Ziel ist es dabei, deren Eignung für Mass Customization Informationssysteme gemäß den Anforderungen aus Abschnitt 3.5 zu überprüfen. Für die Realisierung auf technischer Ebene ist mittlerweile eine Vielzahl von Technologien vorhanden [Hahn03; JPMM04, 124]. Die existierenden Konzepte weisen unterschiedliche Konkretisierungsgrade auf und lassen sich daher in

- domänenspezifische Konzepte und
- generische Konzepte mit domänenübergreifender Anwendbarkeit

untergliedern.

Im Folgenden werden die vorhandenen Technologien beschrieben und bewertet. Hierbei gehören electronic business XML (ebXML), RosettaNet und die Web Service Spezifikationen der zweiten Generation zu den domänenspezifischen Konzepten; demgegenüber lassen sich Electronic Data Interchange und die service-orientierten Architekturen der ersten Generation (mit den zugehörigen Spezifikationen) den generischen Konzepten zuordnen.

4.1.2.1 Electronic Data Interchange (EDI)

Ein seit vielen Jahren etabliertes Verfahren zum Austausch betrieblicher Informationen zwischen Unternehmen ist das Konzept des *Electronic Data Interchange* (EDI). Wesentliches Merkmal ist die Übertragung strukturierter Daten in Form von Nachrichten. Damit diese in einem einheitlichen Format verarbeitet werden können, übernehmen sog. „Konverter" die Umwandlung der Dokumente von sender- und empfängerspezifischen Formaten („Inhouse-Format") in ein standardisiertes Zwischenformat (Abbildung 40). Für EDI können neben nicht-öffentlichen Netzen auch Wähl- bzw. Direktverbindungen zwischen Computersystemen und offene Kommunikationsnetze (z. B. Internet) eingesetzt werden. Die Zustellung von EDI-Nachrichten erfolgt über *Point-to-Point-Verbindungen* (PTP) oder *Store-and-Forward-Verbindungen* (SAF). Bei der PTP-Übertragung findet eine direkte Kommunikation zwischen zwei EDI-Teilnehmern statt, bei SAF hingegen werden die Nachrichten über einen Intermediär versendet, der eine Zwischenspeicherung übernimmt [Sche97b, 96ff.]. Der Vorteil des SAF-Verfahrens ist die Möglichkeit des Intermediärs, neben der reinen Datenübertragung auch Datentransformations- oder Datenüberprüfungsmaßnahmen durchzuführen. Man spricht dann von einem Clearing-System [Deut94, 70].

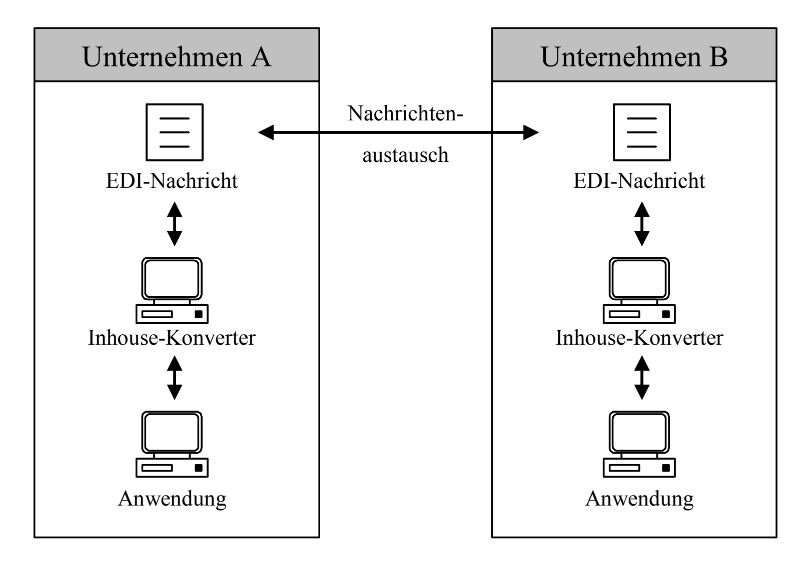


Abbildung 40: Grundprinzip des Electronic Data Interchange [nach Ball00, 67]

Damit eine korrekte Verarbeitung der Nachrichten sichergestellt ist, sind Vereinbarungen über deren syntaktischen Aufbau notwendig. Neben bilateralen Formaten haben sich insbesondere in den letzten Jahren unternehmens- oder branchenbezogene Standards etabliert (z. B. SEDAS für die Konsumgüterindustrie, ODETTE für die Automobilindustrie etc.). Ein branchenunabhängiger Standard wurde mit dem *Electronic Data Interchange for Administration, Commer-*

ce and Transport (EDIFACT) Format entwickelt. Dieser bietet standardisierte Geschäftsdokumente an (z. B. Angebot, Lieferschein, Rechnung etc.) und erlaubt die Definition von unternehmensspezifischen EDIFACT-Subsets, um eine Anpassung an spezifische Anforderungen von Branchen vornehmen zu können [Ball00, 88].
Das EDI-Konzept ist aufgrund der technologischen Ausrichtung zunächst ein Ansatz für den elektronischen Informationsaustausch, ohne die Anwendbarkeit auf eine bestimmte Branche zu begrenzen. In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 eignet sich EDI deshalb für den Austausch von Auftragsinformationen. Mittels EDI können Produktspezifikationen ausgetauscht und durch Nachrichten die Weitergabe von Aufträgen an die nächste Wertschöpfungsstufe ausgelöst werden. Für die dynamische Bildung von Wertschöpfungssystemen ist EDI jedoch trotz der spezifischen Branchenstandards nicht geeignet. Die Erstellung von Produktspezifikationen wird nicht unterstützt, da EDI nicht auf den mehrfachen, kurzfristig aufeinander folgenden Dialog zwischen Wertschöpfungspartnern ausgerichtet ist.
Die zunehmende Verbreitung und Durchsetzung des Dokumentenverarbeitungsstandards XML hat dazu geführt, dass auch für die EDI-Kommunikation XML-basierte Spezifikationen entwickelt werden. Als wesentliche Schwächen des EDI in seiner ursprünglichen Form gelten: Unzureichende Umsetzung von betrieblichen Echtzeitanwendungen (z. B. Datawarehousing) und fehlende Unterstützung bei der Übertragung von sehr hohen Datenvolumen pro Einzelnachricht [Lint01, 278]. Im Folgenden werden existierende XML-Spezifikationen für die nachrichten-basierte Geschäftskommunikation vorgestellt, die als konzeptionelle und technologische Erweiterung des ursprünglichen EDI angesehen werden können.

4.1.2.2 ebXML

Die *Electronic Business eXtensible Mark-up Language* (ebXML) gilt als Standard für den elektronischen Handel und wurde seit ca. 1999 von den Institutionen *United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business* (UN/CEFACT) und *Organization for the Advancement of Structured Information Standards* (OASIS) sowie von einer Vielzahl von Unternehmen und weiteren Einrichtungen entwickelt. Als Teilorganisation der Vereinten Nationen war das UN/CEFACT bereits für die Entwicklung und Standardisierung der EDIFACT-Spezifikation zuständig (vgl. Abschnitt 4.1.2.1). Der ebXML-Standard baut auf den Erkenntnissen vorhandener EDIFACT-Spezifikationen auf und erweitert diese [ebXM06]. Die ebXML-Infrastruktur besteht aus drei wesentlichen Elementen. Die *Message Service Specification* ist ein XML-basierter Nachrichtendienst [ebXM02b]. In den *Business Service Interfaces* werden die Schnittstellen zwischen dem Nachrichtendienst und der unternehmensinternen Infrastruktur beschrieben [ebXM01b]. Das *ebXML Registry* schließlich ist ein zentrales Verzeichnis mit allgemeinen und unternehmensspezifischen Beschreibungen von Geschäftsprozessen und Diensten [ebXM01c; ebXM01d].

Zur Spezifizierung und Modellierung der Prozesse und Datenmodelle hat die UN/CEFACT die *UN/CEFACT Modelling Methodology* (UMM) entwickelt. Diese Methode basiert auf Diagrammen der Unified Modelling Language (vgl. 5.1.1), welche zusätzlich die spezifischen Bedingungen der UMM erfüllen müssen (z. B. die Unterscheidung in *Business Operational View* zur Prozess- und Datenmodellierung sowie die *Functional Service View* zur Durchführung der Transaktionen). Als Rahmen zur Definition von Prozess- und Datenmodellen wurde das *Business Process Specification Schema* (BPSS) entwickelt. Da sich die ebXML-Transaktionen mittels Austausch von XML-Dokumenten vollziehen, muss eine Überführung des UMM-Schemas in ein XML-Schema stattfinden [ebXM01b]. Bevor Transaktionen auf Basis von ebXML stattfinden können, muss jeder Teilnehmer sein Dienstangebot und die damit verbundenen Spezifikationen festlegen. Hierfür stehen die *Collaboration Protocol Profiles* (CPP) zur Verfügung. Ein CPP enthält sowohl technische als auch betriebliche Informationen und Definitionen. Soll es zu einer Interaktion zwischen Unternehmen kommen (*Business Collaboration*), muss eine Harmonisierung der jeweiligen CPPs stattfinden. Entweder einigen sich die Teilnehmer auf eines der vorhandenen CPPs oder es wird ein Kompromiss vereinbart. Ergebnis der Vereinbarung ist das *Collaboration Protocol Agreement* (CPA) [ebXM02a]. Die Interaktionen zwischen zwei Unternehmen auf Basis der ebXML-Infrastruktur sind in Abbildung 41 dargestellt.

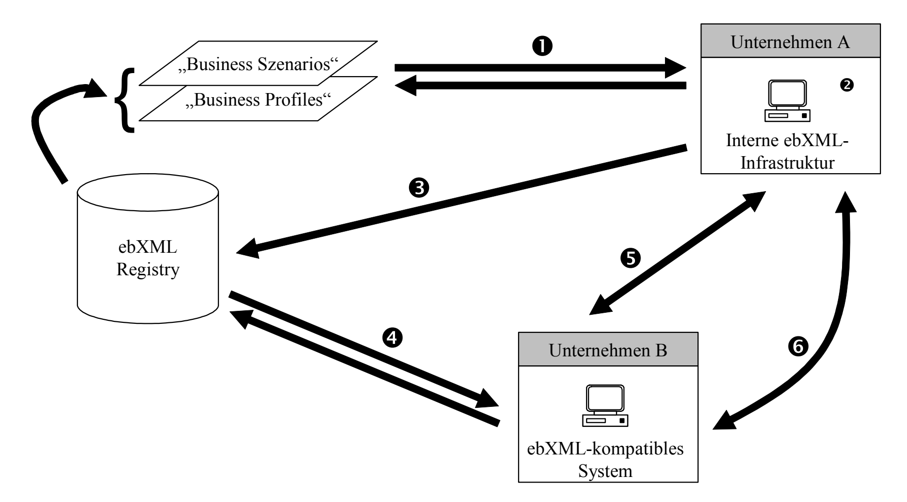


Abbildung 41: Ablauf betrieblicher Interaktionen auf Basis von ebXML [ebXM01a, 8]

Das Auffinden von potentiellen Geschäftspartnern und die Initiierung einer Kooperation setzen folgende nacheinander ablaufende Schritte voraus:

1. Unternehmen A stellt an das ebXML Registry die Anfrage nach den verzeichneten Diensten und beschließt, seine Dienste per ebXML anzubieten.
2. Unternehmen A implementiert hierzu ein eigenes ebXML-basiertes System.

3. Unternehmen A erstellt CPP, um die angebotenen Dienste inhaltlich und technisch zu spezifizieren und hinterlegt diese Profile im ebXML Repository.
4. Unternehmen B verfügt über ein ebXML-fähiges Informationssystem und sucht nach Unternehmen, die bestimmte Dienste anbieten. Die Anfrage ermittelt Unternehmen A als potentiellen Geschäftspartner und Unternehmen B bezieht das CPP von Unternehmen A.
5. Unternehmen B und Unternehmen A vereinbaren die Zusammenarbeit und einigen sich auf ein CPA.
6. Die Zusammenarbeit basiert auf dem CPA und vollzieht sich durch den Austausch von Geschäftsdokumenten, d. h. XML-Nachrichten [ebXM01a, 8f].

In Bezug auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 kann ebXML den Aufbau und die Ausgestaltung von Wertschöpfungssystemen unterstützen. In dem ebXML Registry sind Beschreibungen von potenziellen Geschäftspartnern sowie deren Modelle von Kernprozessen enthalten. Damit kann eine Auswahl von Akteuren auf Basis der angebotenen Güter und Dienstleistungen erfolgen. Ausgehend von diesen Informationen kann die Akteurszuordnung vorgenommen werden. Der informationsflussbezogene Ansatz erlaubt außerdem den Austausch von Informationen wie beispielsweise Produktspezifikationen. Defizite weist ebXML dennoch hinsichtlich der Repräsentation individualisierbarer Güter auf. Die Erstellung von Produktmodellen und Produktspezifikationen ist nicht Bestandteil dieses Standards.

4.1.2.3 RosettaNet

Das Rahmenwerk RosettaNet ist eine Spezifikation zur Standardisierung und Realisierung überbetrieblicher Geschäftsbeziehungen. Das Entwicklungskonsortium besteht aus Unternehmen der Elektro- und Halbleiterindustrie sowie der Informationstechnologie und ist eine Einrichtung des *Uniform Code Council* (UCC). Das Ziel der Initiative ist die Etablierung von RosettaNet als Standard für den elektronischen Geschäftsverkehr in Form einer international einheitlichen Sprache für inner- und überbetriebliche Kooperationen [RosN05]. Das RosettaNet-Rahmenwerk besteht aus Wörterbüchern, dem Rahmenwerk, den *Partner Interface Processes* (PIP) und dem eBusiness-Prozess [RosN06]. Innerhalb von RosettaNet existieren zwei Wörterbücher: Das *RosettaNet Technical Dictionary* (RNTD) und das *RosettaNet Business Dictionary* (RNBD). Im RNTD wird die gemeinsame Sprache zur Definition von Produkten und Dienstleistungen vereinbart. So enthält das Wörterbuch insbesondere Produkte aus den Branchen, denen die Konsortiumsmitglieder zuzuordnen sind. Das RNBD definiert *Business Properties*. Dies sind einzelne Eigenschaften geschäftlicher Transaktionen. Im *RosettaNet Implementation Framework* (RNIF) sind Protokolle zur Realisierung und Implementierung von RosettaNet-Infrastrukturen enthalten. Der Austausch von Informationen zwischen Unternehmen vollzieht sich mittels Übertragung von XML-Dokumenten. Die PIPs stellen zentrale

Elemente im Rahmen von RosettaNet dar. PIPs enthalten vereinbarte Standardgeschäftsprozesse, d. h. es sind Wortschatz, Geschäftsprozess sowie dessen Abarbeitungsvorschriften hinterlegt. Umfassende Geschäftsprozesse werden mittels Abfolgen mehrerer PIPs gebildet [RosN05]. PIPs können in sieben verschiedene Cluster, d. h. Typen von Kerngeschäftsprozessen, eingeteilt werden:

1. Partner Product and Service Review (Informationen für die Entwicklung von Geschäftspartnerprofilen),
2. Product Information (Informationen über Produktdesign, Produktanpassungen und technische Spezifikationen),
3. Order Management (Informationen über die Auftragsbearbeitung, d. h. Preise, Liefertermine, Zahlung etc.),
4. Inventory Management (Informationen über Lagerbestände sowie das Lagermanagement),
5. Marketing Information Management (Marketing-bezogene Informationen),
6. Service and Support (Informationen für den technischen Kundendienst und die Garantieabwicklung etc.) und
7. Manufacturing (Fertigungsbezogene Informationen über Produktdesign, Produktionsprozesse, Qualitätsmanagement etc.) [RosN06].

In RosettaNet werden sowohl akteurs- als auch produktbezogene Aspekte adressiert. In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 erlaubt RosettaNet die Beschreibung des Produktprogramms in Form von Produktmodellen, die Ermittlung von Akteursfähigkeiten (über die *Partner Interface Profiles*) und die Festlegung der Akteurszuordnung. Das Konzept unterstützt außerdem die Errichtung von Wertschöpfungssystemen und den Informationsaustausch zwischen den Akteuren. Die Erstellung von Produktspezifikationen und deren Weitergabe an Wertschöpfungspartner wird in RosettaNet nur unzureichend berücksichtigt. Die prozessorientierte Betrachtung erlaubt jedoch, die Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen darzustellen.

4.1.2.4 Service-orientierte Architekturen der ersten Generation

Der Begriff „service-orientierte Architektur“ (SOA) geht auf Standardisierungsbestrebungen des W3C-Konsortiums und Entwicklungen der Softwareindustrie zurück [CFNO02; Reit04; SpWi04]. Als technologischer Ansatz zur „Maschine-zu-Maschine“-Kommunikation basiert die SOA auf dem grundlegenden Gedanken, Ressourcen in verteilten Systemen mittels Bereitstellung von Diensten verfügbar bzw. nutzbar zu machen. Übergeordnetes Ziel dieser Architektur ist es, Informationssysteme unter Ausnutzung standardisierter Schnittstellen und Formate lose zu koppeln [He03]. Diese IT-Dienste sind über Datennetze (z. B. Internet) verfügbar und können nach Bedarf genutzt und kombiniert werden. Hierzu existieren mindestens

jeweils ein Serviceanbieter und ein Servicenachfrager (Abbildung 42). Der Serviceanbieter entwickelt Dienste und stellt diese technisch bereit. Der Servicenachfrager hat Bedarf an spezifischen Funktionen, die in den eigenen Systemen nicht zur Verfügung stehen und mittels externer Dienste durchgeführt werden können. Damit Dienste gefunden werden können, existieren Diensteverzeichnisse, die die prinzipielle Verfügbarkeit von Diensten aufzeigen und semantische Informationen liefern, die zur Nutzung des Services notwendig sind. Serviceanbieter, -nachfrager und Dienstverzeichnis sind die drei verfügbaren Rollen in der SOA. Verbunden mit den Rollen der SOA sind drei Aktivitäten bzw. Verhaltensprozesse. Damit Dienste auffindbar sind, muss eine Dienstbeschreibung veröffentlicht werden („Eintragen"). Bei der Suche eines Dienstes erhält der Servicenachfrager die bereits veröffentlichte Beschreibung („Finden"). Auf Basis dieser Informationen können Entscheidungen hinsichtlich der Verwendbarkeit des Dienstes getroffen werden. Wird ein Service schließlich angefordert, so kommt es zur Interaktion bzw. Dienstverknüpfung zwischen Serviceanbieter und Servicenachfrager („Ausführen"). Die zur Ausführung des Services notwendigen Anforderungen sind ebenfalls in der Dienstbeschreibung enthalten.

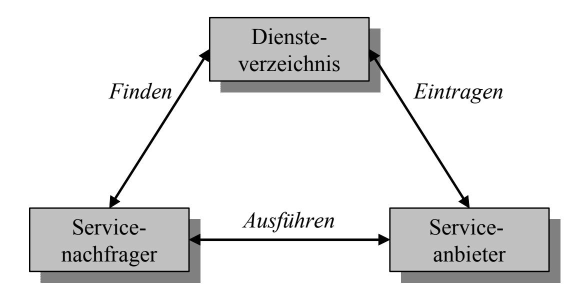


Abbildung 42: Prinzip der service-orientierten Architektur [in Anlehnung an CFNO02]

Web Services werden in Zusammenhang mit service-orientierten Architekturen häufig als deren konzeptionelle Basis bezeichnet. Eine einheitliche Definition von Web Services existiert jedoch nicht. Das W3C-Konsortium entwickelt in einer Arbeitsgruppe die „Web Service Architecture" und definiert Web Services wie folgt: „A Web service is a software system designed to support interoperable machine-to-machine interaction over a network. It has an interface described in a machine-processable format (specifically WSDL). Other systems interact with the Web service in a manner prescribed by its description using SOAP messages, typically conveyed using HTTP with an XML serialization in conjunction with other Web-related standards" [BHMN04]. Zur Realisierung von Web Services sind Vereinbarungen und Standards notwendig, damit der in Abbildung 43 dargestellte prinzipielle Ablauf der Nutzung von Web Service ermöglicht wird. Hierfür wurden drei grundlegende Technologien entwi-

ckelt, die auf dem XML-Standard basieren: **SOAP**[3], **WSDL** (Web Services Description Language) und **UDDI** (Universal Description Discovery and Integration):

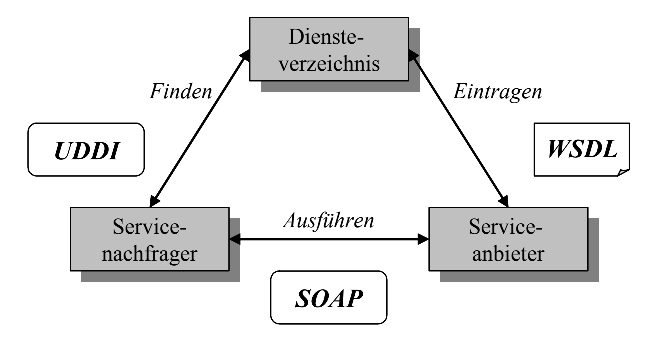


Abbildung 43: Technologien für Web Services

Die *Web Service Description Language* wird zur Beschreibung und Formalisierung eines Web Services verwendet und liegt aktuell als Arbeitsentwurf in der Version 2.0 vor. Die WSDL ermöglicht die Trennung von Beschreibung und Funktion des Web Service im Sinne von Metadaten wie z. B. Erreichbarkeit und Ort des Web Services. Auf einer abstrakten Ebene werden die zu versendenden Nachrichten spezifiziert, auf einer Detailebene die Ausführung des Web Service [CMRW06]. Die *Universal Description and Integration* Spezifikation erlaubt die Eintragung und Suche von bzw. nach Web Services in Verzeichnissen. Mittels Taxonomien sind weiterhin zusätzliche Kategorisierungen der Services möglich. UDDI ist selber als Web Service entwickelt und kann sowohl in kleinen als auch in großen Netzwerken (LAN, Local Area Network bzw. WAN, Wide/World Area Network) realisiert werden [UDDI00; Mane03]. Ein potentieller Nutzer sucht mit Hilfe eines UDDI-Servers nach geeigneten Web Services. Kommt es zu einer erfolgreichen Suche, kommuniziert der Nutzer direkt mit dem Serviceanbieter des Web Services, um die Ausführung des Web Services zu initiieren [KoLe04]. Die Verarbeitungsvorschrift des Web Services wird schließlich durch das Protokoll *SOAP* festgelegt. SOAP 1.2 ist eine Spezifikation des W3C-Konsortiums und definiert plattformunabhängig den XML-basierten Nachrichtenaustausch innerhalb eines verteilten und dezentralen Rechnernetzes. Eine SOAP-Nachricht besteht demnach immer aus einem Wurzelelement `Envelope`, das die beiden Elemente `Header` und `Body` enthält. Der Nachrichtenkopf (Header) enthält Systeminformationen (z. B. Verarbeitungs- oder Sicherheitsvorgaben), der Nachrichtenkörper (Body) die eigentliche Nachricht, d. h. die semantische Information für das Zielsystem. Das Konzept der service-orientierten Architekturen stellt einen vom Anwendungsbereich unabhängigen Ansatz zur Bildung flexibler Informationssysteme dar. Obwohl Web Services oft als das technologische Lösungsinstrument für SOAs bezeich-

[3] Früher: Simple Object Access Protocol, seit SOAP 1.2 fehlt die Nennung der Langform.

net werden, lassen sich diese auch mittels anderer Technologien realisieren bzw. erweitern, z. B. mit Methoden der Agententechnologie [Huhn03].
In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 erlauben service-orientierte Architekturen der ersten Generation die Ermittlung von Akteursfähigkeiten (über UDDI-Einträge) und die Auswahl von Wertschöpfungspartnern anhand der benötigten Anforderungen. Auf Basis von Web Services können zudem Auftragsinformationen wie z. B. Produktspezifikationen ausgetauscht werden. Werden Wertschöpfungstransaktionen in digitalisierter Form in Informationssystemen abgebildet, so kann deren Durchführung auch mittels einer SOA der ersten Generation unterstützt werden. Aufgrund des geringen Anwendungsbezugs sind diese SOA jedoch für produktspezifische Dienste zunächst nicht einsetzbar. Hierfür ist eine Spezialisierung der Dienste notwendig. Defizite existieren zudem in der Erstellung von Produktspezifikationen, da eine SOA zunächst weder ökonomische noch produktbezogene Aspekte enthält.
Service-orientierte Architekturen auf Basis von WSDL, SOAP und UDDI werden auch als SOAs der ersten Generation bezeichnet [Erl04, 65ff.]. In den letzten Jahren sind weitere Konzepte entstanden, welche die bislang unzureichend adressierten Herausforderungen der Geschäftsautomatisierung behandeln. Das Bündel dieser Technologien bilden SOAs der zweiten Generation, die im Folgenden näher beschrieben werden.

4.1.2.5 Web Service Spezifikationen der zweiten Generation

Die Entwicklung der SOAs der zweiten Generation wird auch als *Service-oriented Enterprise* (SOE) bezeichnet [Erl04, 90ff.]. Bereits dem Begriff nach fokussieren die Spezifikationen der SOE stärker den Einsatz im betrieblichen Umfeld. So werden Ansätze zu folgenden grundlegenden Herausforderungen entwickelt, die von SOAs der ersten Generation nicht gelöst wurden:

- Kontext- und Transaktionsmanagement mit Protokollen zum Ausführen von Web Services unter Berücksichtigung von Kontextinformationen,
- Geschäftsprozessmanagement zur Modellierung und Ausführung von betrieblichen Abläufen sowie zur Orchestrierung von Diensten aus mehreren Geschäftsprozessen,
- Sicherheitsmaßnahmen zum Schutz der Ausführung von Geschäftsprozessen und Diensten über offene Datennetze,
- Robustheit der implementierten Architekturen zur Sicherstellung der Verlässlichkeit und Qualität der Dienste,
- Etablierung von gemeinsamen Grundsätzen („Policies“) zur Vereinheitlichung von Geschäfts- und Sicherheitsregeln sowie von den jeweiligen Eigenschaften für eine Gruppe von Diensten mittels Abstraktion,
- Erweiterbarkeit der nachrichtenbasierten Kommunikation, z. B. mittels Spezifikationen zur Ergänzung von Nachrichten (z. B. Anhänge) [Erl04, 92f.].

Für die o. g. Herausforderungen existiert eine Vielzahl von Lösungskonzepten in Form von Spezifikationen. Ein Überblick mit gleichzeitiger Beschreibung der Zusammenhänge kann [Erl04, 95] entnommen werden. Für die vorliegende Arbeit von größter Bedeutung ist der Bereich des Geschäftsprozessmanagements. Aus diesem Grund konzentriert sich die folgende Betrachtung auf die *Business Process Execution Language for Web Services* (BPEL4WS), eine XML-basierte Spezifikation zur Beschreibung der Ausführung von Geschäftsprozessen (Version 1.1) [BPEL03], die *Business Process Modelling Language* (BPML) [BPML02] und das *Web Service Choreography Interface* (WSCI) [WSCI02]. Der Entwicklungsverlauf der geschäftsprozessorientierten XML-Spezifikationen, die auch als „Web Service Flow Standards" bezeichnet werden können, ist in [JPMM04, 144] dargestellt.

4.1.2.5.1 BPEL4WS

Die Entwicklung von BPEL4WS basiert auf der Bestrebung, die vorhandenen inkompatiblen XML-Spezifikationen für Geschäftsprozesse zu vereinheitlichen. BPEL4WS gilt daher als Nachfolger der *Web Service Flow Language* (WSFL) von IBM [WSFL01] und des *XLANG* Standards von Microsoft [XLAN01]. An der Entwicklung von BPEL4WS sind BEA Systems, IBM, Microsoft, SAP AG und Siebel Systems beteiligt. Mittels BPEL4WS können Geschäftsprozesse in zwei unterschiedlichen Arten modelliert werden [Barr03, 230; Erl04, 100]:

- Geschäftsprotokolle („Business Protocols") als Beschreibung abstrakter Prozesse (Spezifikation des gegenseitigen Nachrichtenaustausches) und
- ausführbare Geschäftsprozesse zur Modellierung des Verhaltens der an einer Geschäftstransaktion beteiligten Partner zur Laufzeit.

Die BPEL4WS verwendet Prinzipien und Definitionen anderer Spezifikationen, z. B. WSDL, XML Schema und XPath (*XML Path Language*) [BPEL03, 11]. Eine Prozessdefinition auf Basis von BPEL4WS enthält vier Basiselemente: *Variablen* zur Definition der vom Prozess verwendeten Daten, *PartnerLinks* zur Definition der an einem Prozess beteiligten Partner, *Fehlerhandhabungsroutinen* zur Definition von Aktionen im Fall von Fehlern beim Ausführen von Prozessen oder Fehlern in den zurück gelieferten Daten und *Aktivitäten* zur Definition des üblichen Verhaltens beim Ausführen bzw. Anwenden des Prozesses bzw. Dienstes [BPEL03, 19 und 26].

BPEL4WS erfüllt insbesondere die transaktionsbezogenen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5. So ist das Konzept dafür geeignet, Akteursfähigkeiten zu ermitteln, Wertschöpfungspartner auszuwählen und die Akteurszuordnung festzulegen. Die Errichtung von Wertschöpfungssystemen und die vertragliche Vereinbarung zwischen Wertschöpfungspartnern sind ebenso möglich wie die Unterstützung bei der Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen und die Auflösung von Wertschöpfungssystemen. Produktbezogene Aspekte fehlen in BPEL4WS, so dass die Erstellung von Produktmodellen, die Ableitung von Anforderungen an das Produktionssystem sowie die Erstellung von Pro-

duktspezifikationen nicht unterstützt wird. Der Austausch von Produktspezifikationen ist aufgrund der informationsflussbezogenen Betrachtung möglich.

4.1.2.5.2 BPML

Die BPML („Business Process Modeling Language“) ist eine Spezifikation des BPMI.org Konsortiums. BPML stellt ein abstraktes Modell zur Beschreibung ausführbarer Geschäftsprozesse zur Verfügung. Die Spezifikation ist XML-basiert und verzichtet auf die Definition bestimmter Anwendungsbereiche und applikationsbezogener Vorgaben. Damit soll BPML mittels generischer Prozesse in vielfältiger Weise einsetzbar sein, z. B. für die Beschreibung von Unternehmensprozessen, komplexer Web Services sowie multi-lateraler Unternehmenskooperationen [BPML02]. BPML-Dokumente werden zum Austausch von BPML-Definitionen zwischen BPML-Anwendungen verwendet. Hierfür existieren vier Basiselemente: *BPML Konstrukte* als kleinste Einheit des abstrakten BPML-Modells, *BPML Definitionen* als gekennzeichnetes und referenzierbares BPML Konstrukt oder das Zusammenfügen mehrerer Konstrukte, *BPML Pakete* als Zusammenstellung mehrerer BPML Definitionen unter Verwendung weiterer Spezifikationen oder Sprachen (z. B. XML Schema oder WSDL) und *BPML Dokumente* als XML-basierte Repräsentation der BPML Pakete [BPML02].
In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 erfüllt BPML die transaktionsbezogenen Aspekte. Hierbei handelt es sich um ein Konzept für den elektronischen Geschäftsverkehr, das die Beschreibung und die Ausführung von Wertschöpfungsprozessen fokussiert. Mit BPML lassen sich die Akteursfähigkeiten ermitteln, die für eine Wertschöpfungstransaktion relevanten Geschäftspartner auswählen und die Zuordnung zwischen Akteur und Transaktion vornehmen. Die Errichtung von Wertschöpfungssystemen und die vertragliche Fundierung der Austauschbeziehungen sind ebenso möglich wie der Austausch von Auftragssinformationen. Da mit der BPML auch komplexe Unternehmensprozesse modelliert werden können, werden die Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen und die abschließende Auflösung von Wertschöpfungssystemen unterstützt. Ungeeignet ist BPML für die Erstellung von Produktmodellen und -spezifikationen.

4.1.2.5.3 WSCI

Das WSCI wurde unter Mitwirkung der Unternehmen BEA Systems, Intalio, SAP und Sun Microsystems entwickelt und im Rahmen vom W3C in der Version 1.0 veröffentlicht [WSCI02]. WSCI ist XML-basiert und ergänzt die statische Sicht der WSDL um eine dynamische Beschreibungsebene. Im Vordergrund steht das Zusammenwirken mehrerer Dienste. WSCI umfasst keine Spezifikation hinsichtlich des Nachrichtenaustausches. In Ergänzung zu den Definitionen der WSDL spezifiziert das WSCI Aspekte der Ausgestaltung eines Bündels von Diensten sowie die Wechselbeziehungen zwischen diesen. Weiterhin wird die Transaktionsorientierung (Fehlerbehandlung, Folgen eines Abbruchs der Dienstverwendung etc.) und

die Verzweigung auf Basis der Wahl zwischen Alternativen unterstützt [WSCI02]. Das dem WSCI zugrunde liegende Modell umfasst hierbei folgende Konzepte:

- Schnittstellen (Beschreibung des Verhaltens und Zusammenwirkens von Web Services im Nachrichtenaustausch),
- Aktivitäten und deren Ausgestaltung (Aktivitäten als Basisverhalten von Web Services, z. B. Senden oder Empfangen von Nachrichten, sowie die Modellierung komplexen Verhaltens mit logischen Bedingungen),
- Prozesse und deren Referenzierung zur Wiederverwendung (Prozess als Menge von Verhaltenbeschreibungen),
- Eigenschaften (Variablen zur Ergänzung der Schnittstellenbeschreibung um Werte),
- Kontext (Beschreibung der Umgebung, in der Aktivitäten ausgeführt werden),
- Wechselwirkungen von Nachrichten (Beschreibung der Struktur und des Ablaufs einer Interaktion im Sinne eines Kommunikationsprotokolls),
- Ausnahmenbehandlung (Teil der Kontextbeschreibung, um Verhaltensveränderungen des Dienstes an bestimmten Punkten der Ausführung spezifizieren zu können),
- Transaktionsverhalten (Beschreibung der Bedingungen, unter denen Dienste ausgeführt werden, um z. B. das Zurücksetzen fehlerhaft ausgeführter Transaktionen sicherzustellen),
- Globales Modell (Darstellung von multi-lateralen Kooperationsbeziehungen zwischen Diensten und den verantwortlichen Partnern) [WSCI02].

WSCI ist eine technologisch orientierte Spezifikation, die nur einen geringen Bezug zu Wertschöpfungssystemen und Geschäftstransaktionen aufweist. In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 werden insbesondere die transaktionsbezogenen Merkmale erfüllt. Dies umfasst die Festlegung von Akteurszuordnungen, die Ausführung von Wertschöpfungstransaktionen und damit die Errichtung von Wertschöpfungssystemen. Aufgrund der Unterstützung des Nachrichtenaustausches lassen sich auch Auftragsinformationen (z. B. Produktspezifikationen) austauschen. Für die Erstellung von Produktmodellen und -spezifikationen ist das WSCI nicht geeignet.

4.2 Informationssysteme für Produktmodellierung und -spezifizierung

4.2.1 Methoden zur Produktspezifizierung

Für die Spezifizierung von individualisierbaren Produkten (häufig auch Produktkonfigurierung genannt) existieren in Wissenschaft und Praxis eine Vielzahl von Methoden und Systemen. Im folgenden Abschnitt werden die wesentlichen theoretischen Methoden dargestellt und diskutiert.

Zur Klassifikation der vorhandenen Methoden für Konfigurierungsprobleme eignet sich das Merkmal ihres jeweiligen konzeptionellen Ansatzes. So lässt sich zunächst zwischen darstellungsorientierten und aufgabenorientierten Ansätzen sowie dem Case-Based Reasoning (CBR) unterscheiden. Weiterhin existieren hybride Ansätze, die Merkmale der beiden erstgenannten bzw. aller drei beschriebenen Klassen enthalten und eine Kombination der vorhandenen Konzepte darstellen. In den darstellungsorientierten Ansätzen steht im Vordergrund, eine geeignete Darstellung zum Ausdruck von Struktur und Eigenschaften des Anwendungsbereiches zu finden. Zum Suchen von Lösungen des Konfigurationsproblems werden Inferenzmechanismen verwendet. Die Darstellung der Lösung hat erklärenden Charakter und ermöglicht ihre klare, redundanzfreie Beschreibung ohne umfangreiche Abänderungen bzw. Neuerungen in Bezug auf das Kontextwissen [Stum97, 113]. Die aufgabenorientierten Ansätze fokussieren die Zerlegung des Konfigurationsproblems in Teilaufgaben. Für jede Teilaufgabe, die jeweils einzelne Aspekte des Gesamtproblems repräsentiert, muss schließlich eine geeignete Darstellungsform gewählt werden. Innerhalb der aufgabenorientierten Ansätze wird somit berücksichtigt, dass je nach Teilproblem der Konfigurationsaufgabe unterschiedliche Lösungsansätze zu verwenden sind [Stum97, 121]. Ansätze des Case-Based Reasoning grenzen sich von darstellungs- und aufgabenorientierten Ansätzen in der Form ab, dass kein vollständiges Wissen zur Beschreibung des Lösungsraums möglicher Konfigurationen vorliegt. Vielmehr werden im CBR-Lösungsverfahren bereits gelöste Konfigurationsprobleme im Anwendungsbereich dafür verwendet, zunächst bestmögliche Lösungen für das neue Problem zu finden. Auf Basis einer Bibliothek von Konfigurationslösungen werden lediglich die Neuerungen an der Konfiguration vorgenommen, die aufgrund der geänderten Anforderungen des Problems notwendig wurden [Stum97, 122]. In Abbildung 44 wird auf Basis der Klassifikationen von [Stum97], [SaWe98] und [GüKü99] der Zusammenhang der vorgestellten Ansätze verdeutlicht und verfeinert.

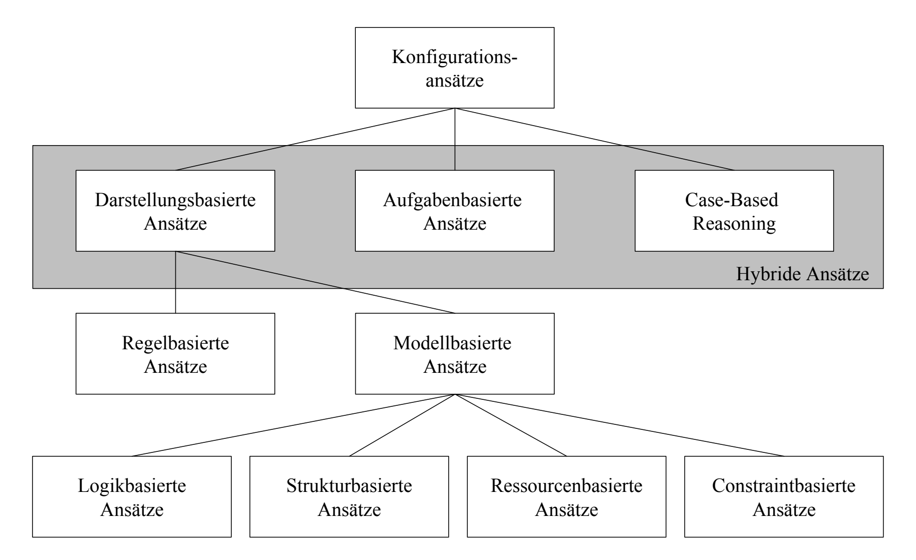


Abbildung 44: Klassifikation vorhandener Konfigurationsansätze [in Anlehnung an Hümm04, 215]

Die Entwicklung neuer Konfigurationsmethoden wird in dieser Arbeit nicht fokussiert. Die Fähigkeit von Informationssystemen, individualisierbare Güter abbilden zu können, ist jedoch gemäß den beschriebenen Anforderungen ein Merkmal Mass Customization spezifischer Informationssysteme ein wesentlicher Gestaltungsparameter. Aus diesem Grund werden im Folgenden die einzelnen Konfigurationsansätze dargestellt und bewertet.

4.2.1.1 Darstellungsbasierte Ansätze

Die darstellungsorientierten Ansätze lassen sich in regelbasierte und modellbasierte Ansätze unterteilen, wobei zu den letztgenannten die logik-, struktur-, ressourcen- und constraintbasierten Ansätze gehören.

4.2.1.1.1 Regelbasierte Ansätze

Das Anwendungswissen in Systemen auf Basis regelbasierter Ansätze wird in Form von Produktionsregeln der Art „`WENN bedingung DANN aktion`“ abgelegt. Die Regeln spezifizieren die möglichen und gültigen Konfigurationsschritte und regelbasierte Systeme können aus mehreren Einzelregeln mit jeweils mehreren Bedingungen und Aktionen bestehen [Stum97, 111 und 113ff.; Gras00, 25]. Eine Konfigurationsregel muss weiterhin folgende Aufgaben erfüllen:

- Überprüfung, an welcher Stelle im Konfigurationsprozess die Regel anzuwenden ist,
- Überprüfung der Vorbedingungen zur Ausführung der Regel,
- Überprüfung von Inkompatibilitäten mit vorhandenen Komponenten,
- Überprüfung der Verfügbarkeit von benötigten Komponenten,
- Durchführung der systemtechnischen Zuordnung und Speicherung der durchgeführten Regeln („working memory“ als gemeinsame Datenbasis) [Stum97, 113-114].

Die Abbildung umfangreicher Konfigurierungsprobleme führt zu komplexen Regelbündeln, die untereinander ungewollte Wechselwirkungen hervorrufen können. Trotz vorhandener theoretischer Konzepte zur Vermeidung dieser Effekte (z. B. [BOBS89]) wurden regelbasierte Systeme aus diesem Grund und weiteren Aspekten (Schwierigkeiten in der Wissensermittlung, Gefahr von Inkonsistenzen, Schwächen im Betrieb und der Anpassbarkeit von regelbasierten Systemen) in der Literatur mehrfach kritisiert [GüKü99].

In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 sind die regelbasierten Ansätze dafür geeignet, Produkte in Form von Geschäftsregeln zu modellieren und die Erstellung von Produktspezifikationen zu unterstützen. Ungeeignet sind sie für den Aufbau von Wertschöpfungssystemen und die damit verbundenen Aktivitäten. Regelbasierte Systeme sind jedoch auch bei der Ausführung von Transaktionen relevant, weil damit die Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen sachlogisch definiert werden kann.

4.2.1.1.2 Modellbasierte Ansätze

Die vier nachfolgenden Ansätze sind den modellbasierten Konfigurationskonzepten zuzuordnen. Die modellbasierten Ansätze gehen von der Existenz eines Modells des betrachteten Systems (z. B. ein Produkt) aus, das aus den zerlegbaren Einheiten und den Beziehungen zwischen den Elementen des Systems besteht. Der Vorteil dieser Ansätze liegt in der systematischen Vorgehensweise, den vorhandenen Lösungsraum des Konfigurationsproblems zu beschreiben [SaWe98, 44].

Logikbasierte Ansätze

Neben dem *Constructive Problem Solving* gehören Konzepte, denen deskriptive Logiken zugrunde liegen, zur Familie der logikbasierten Ansätze. Eine deskriptive Logik erlaubt die formale Beschreibung und Schlussfolgerung unter Verwendung von Wissen. Sie wird beispielsweise in KL-ONE-ähnlichen Sprachen, in semantischen Netzwerken, objektorientierten Darstellungen oder semantischen Datenmodellen verwendet. Die wesentlichen Elemente einer deskriptiven Logik sind: Individuen (Darstellung der Objekte eines Anwendungsbereichs), Konzepte (Darstellung einer Menge von Individuen) und Rollen (dichotomische Beziehung zwischen Individuen). Auf deskriptive Logiken basierende Systeme schlussfolgern aufgrund der intentionalen Beschreibung von Konzepten und deren Individuen. Unter Verwendung von

Konstruktoren (z. B. „*und*“, „*oder*“, „*mindestens*“ und „*alle*“) lassen sich umfangreiche und komplexe Beschreibungen des Anwendungsbereiches zusammensetzen [SaWe98, 44-45]. Der wesentliche Inferenzmechanismus einer deskriptiven Logik ist die Subsumtion, die eine hierarchische Einteilung von Konzepten bzw. Beschreibungen hinsichtlich ihrer Generalität zulässt (d. h.: Welches Konzept ist genereller als ein anderes?). Mittels Subsumtion lassen sich Inferenzkonzepte wie beispielsweise Klassifikation (Integration eines neuen Konzeptes in die Konzepthierarchie) und Erkennung (Feststellung, ob ein Individuum einem bestimmten Konzept zuzuordnen ist bzw. in diesem enthalten ist) ausdrücken [SaWe98, 45]. Die Vorteile der deskriptiven Logiken liegen darin, dass einerseits Beschreibungen mittels einer Klassifikation in vorhandene Taxonomien automatisch einsortiert werden und andererseits eine Konsistenzsicherung bei der Klassifikation, der Hinzunahme neuer Beschreibungen oder der Veränderung vorhandener Beschreibungen vorgenommen wird. Problematisch wirkt sich jedoch die konkurrierende Beziehung zwischen dem Ziel der Effizienz und der Mächtigkeit des Konfigurationssystems aus. So verursachen die in der praktischen Verwendung häufig benötigten Eigenschaften wie z. B. Existenzquantor oder Disjunktion eine NP-vollständige Komplexität in den Systemen [SaWe98, 45]. Die resultierenden Konfigurationsprobleme gelten somit als nicht mehr effizient lösbar [Hedt03, 157].

Strukturbasierte Ansätze

Die Grundlage des strukturbasierten Ansatzes ist die zusammengesetzte und hierarchische Struktur von Objekten zur Verwendung für die Problemlösung [GüKü99]. Dieser Ansatz eignet sich für Konfigurationsprobleme, bei denen der Lösungsraum durch einen hierarchischen nicht-rekursiven Graphen mit Und- bzw. Oder-Knoten beschrieben wird [Gras00, 25f.]. Nach [MiFr89] ist die Basis des Ansatzes die Einführung einer Schlüsselkomponente, welche die wesentlichen Funktionalitäten des zu konfigurierenden Systems bestimmt. Sie begründet sich auf vier Annahmen:

1. Dominierender Faktor für die Suche nach einer Lösung ist die Struktur des zu konfigurierenden Systems,
2. die Menge der verfügbaren Komponenten ist festgelegt und jede Komponente hat spezifische Schnittstellen,
3. jede Komponente erfüllt eine bestimmte Funktionalität,
4. ausgewählte Komponenten, die als Schlüsselkomponenten bezeichnet werden, stellen die Kernfunktionalitäten zur Verfügung [MiFr89, 1396-1398; Stum97, 114].

Der Begriff der Struktur beschreibt einerseits, welche Teile untereinander in direkter Verbindung stehen, und andererseits die Zusammensetzung eines einzelnen Teils mit seinen Eigenschaften und Schnittstellen bzw. „*ports*” („places where a component can be connected to other components“ [MiFr89, 1396]). Innerhalb des Konfigurationsprozesses werden die Ports mit geeigneten Komponenten verbunden. Die verwendeten Schlüsselkomponenten unterstüt-

zen hierbei die Bestimmung nachfolgender Komponenten [MiFr89, 1397]. Mit strukturbasierten Konfigurationsmethoden lassen sich Anwendungsbereiche trotz innerer Komplexität einfach beschreiben, setzten jedoch strukturell beschreibbare Bedingungen der Konfigurationsaufgabe voraus.

Ressourcenbasierte Ansätze

Das ressourcenbasierte Konfigurieren reduziert die Beziehungen zwischen den Komponenten eines Systems auf den Austausch von Ressourcen [Gras00, 27; Hein93; DuKS96]. Gleiches gilt für die Beziehung zwischen dem zu konfigurierenden System und der Umwelt [GüKü99, 7]. Grundsätzlich wird zwischen Komponenten und Ressourcen unterschieden, wobei jede Komponente Ressourcen zur Verfügung stellen und wiederum anfordern kann. Mit Hilfe einer Ressourcenbilanz kann das Verhältnis zwischen Ressourcenangebot und -nachfrage der Komponenten überprüft werden. In einem iterativen Prozess werden Ressourcendefizite erkannt und durch Hinzunahme von Komponenten ausgeglichen („balancing methods“) [Gras00, 27; GüKü99, 7]. Der Austausch von Ressourcen begründet auch die Bezeichnung des ressourcen-basierten Ansatzes als Erzeuger-Verbraucher-Modell [SaWe98, 45]. Konfigurationssysteme, die ressourcenbasierte Ansätze verwenden, beinhalten Anwendungswissen auf drei Ebenen: Systemwissen, Katalogwissen und heuristisches Wissen. Das *Systemwissen* beschreibt in Form einer Taxonomie die Arten der vorhandenen Ressourcen in einem bestimmten Anwendungsbereich. Das *Katalogwissen* ist eingebettet in die Beschreibung der vorhandenen Komponentenarten. In Form einer hierarchischen Organisation werden diese hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit jeweils für ihre Erstellung und ihre Verwendung dargestellt. Das *heuristische Wissen* schließlich ist die Grundlage für den Prozess der Selektion von Ressourcen und Komponenten, um gültige Lösungen des Konfigurationsproblems zu ermitteln [SaWe98, 45]. Es lässt sich einteilen in Evaluationswissen (zur Bewertung einer Komponente innerhalb einer Konfiguration), in Leistungswissen (zum schnellen Bilden von Konfigurationen auf Basis notwendiger Entscheidungen) und in Wissen über Ausnahmen (im Sinne von Regeln über Ressourcenarten und -mengen) [SaWe98, 45f.]. Der ressourcenbasierte Ansatz eignet sich für Konfigurationsprobleme, die auf das Erreichen bestimmter, erwarteter Funktionalitäten abzielen und einzelne Komponenten nur Teile dieser Funktionen bereitstellen. Er eignet sich jedoch weniger für strukturelle und raumbezogene Anforderungen an die Problemlösung (z. B. Anordnung von Komponenten).

Constraintbasierte Ansätze

Die constraintbasierten Ansätze gelten als Versuch, generische und anwendungsbereichsunabhängige Modelle für Konfigurationsprobleme zu entwickeln [SaWe98, 46]. Auch dieses Verfahren nach [MiFr89] spezifiziert Objekte durch eine Menge von Eigenschaften und Schnittstellen („ports“). Durch Einschränkungen („constraints“) wird die Art und Weise der Zusammensetzung von Komponenten beschränkt. Die Spezifikation eines Konfigurationsproblems

enthält neben der Beschreibung der Komponenten auch eine Beschreibung des gewünschten Produktes sowie der Optimierungskriterien [SaWe98, 46]. Ziel der Konfigurierung ist also die Ermittlung mindestens einer Konfiguration, welche die gewünschten Produkteigenschaften und die Optimierungskriterien erfüllt. Diese Problemlösungsmethode beruht auf zwei grundlegenden Annahmen:

1. Die Erstellung einer Konfiguration ist ein zielgerichteter Vorgang (d. h. der Nutzer kennt bereits vorher die notwendigen Funktionsregeln) und
2. eine oder mehrere Komponenten werden als Schlüsselkomponenten festgelegt (d. h. notwendige Komponenten für die Umsetzung der gewünschten Funktionalität).

Unter diesen restriktiven Annahmen kann die Konfigurationsaufgabe als *Contraint-Satisfaction Problem* (CSP) abgebildet werden. Komponenten und ihre Schnittstellen stellen Variablen dar und die Constraints beschränken die Art des Zusammenfügens von Komponenten. Der constraintbasierte Ansatz wurde mittlerweile um mehrere Erweiterungen ergänzt, z. B. um den dynamischen Prozess der Hinzu- und Wegnahme von Komponenten abbilden zu können (z. B. Dynamic CSP [MiFa90], Composite CSP [SaFr96], Generative CSP [FFHS98]). Die erweiterten Konzepte werden an dieser Stelle nicht näher erläutert, da sie für die vorliegende Arbeit eine untergeordnete Rolle spielen und die wesentlichen Annahmen bereits im Grundkonzept diskutiert wurden.

Die modellbasierten Ansätze eignen sich für die Erstellung von Produktmodellen, für die Ableitung von Anforderungen des Produktmodells an das Wertschöpfungssystem sowie für die Erstellung von Produktspezifikationen. Da bei diesen Ansätzen die Konfigurierungsprobleme in Form von Modellen abgebildet werden, erscheint ihr Einsatz auch für die transaktionsbezogenen Anforderungen geeignet. Allerdings unterstützen die Ansätze nicht die Auswahl von Wertschöpfungsakteuren, die Festlegung von Akteurszuordnungen und die Errichtung von Wertschöpfungssystemen. Mittels der Modellierung von Produkten kann die Integration produktionsbezogener Merkmale abgebildet werden, so dass auch die Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen in die Modelle des Konfigurierungsproblems einbezogen werden kann. Von den funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 werden jedoch weitgehend nur die produktbezogenen Merkmale berücksichtigt.

4.2.1.2 Aufgabenbasierte Ansätze

Im Vergleich zu den darstellungsorientierten Ansätzen existiert eine wesentlich geringere Zahl von aufgabenorientierten Ansätzen zur Durchführung der Konfigurationsaufgabe. Der aufgabenorientierte Ansatz geht davon aus, dass die detaillierte formale Darstellung der Repräsentationsform einer Wissensbasis weniger wichtig ist als die abstrakte Beschreibung der Aufgaben, die das System zu absolvieren hat. Eine dieser Aufgaben ist z. B. die hierarchische Klassifikation, die zur Auswahl der korrekten Arten von Komponenten aus der Taxonomie

des Konfigurationssystems verwendet werden kann [Stum97, 121]. Aus Sicht der aufgabenbasierten Ansätze ist an den darstellungsorientierten Ansätzen zu kritisieren, dass die Darstellung deren Strategien nicht in der Sprache des Anwendungsgebiets, sondern in der Sprache der Implementierung stattfindet.
In Bezug auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 werden von den aufgabenbasierten Ansätzen insbesondere die produktbezogenen Merkmale erfüllt. Zwar ist die explizite Erstellung von Produktmodellen nicht vorgesehen, es werden aber die notwendigen Aufgaben zur Lösung von Konfigurierungsproblemen definiert. Damit ist die Erstellung von Produktspezifikationen möglich. Für prozessbezogene Anforderungen sind die aufgabenbasierten Ansätze ebenso geeignet. So lassen sich die Errichtung von Wertschöpfungssystemen und die Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen in Form von Aufgaben beschreiben. Damit kann die Gesamtleistung des Wertschöpfungssystems in Form einer aufgabenbasierten Problemlösung dargestellt werden. Die aufgabenbasierten Ansätze weisen jedoch Defizite bei der Unterstützung der konstitutiven Maßnahmen im Wertschöpfungssystem auf.

4.2.1.3 Case-Based Reasoning

Basieren die bisher diskutierten Ansätze auf einer formalen Beschreibung des Lösungsraums oder der Konfigurationsaufgabe, um zu einer Konfigurationslösung zu kommen, setzt das CBR an vorhandenem Wissen über frühere Konfigurationsaufgaben an [AaPl94]. Ist eine neue Konfigurationsaufgabe zu lösen, wird aus der Menge vorhandener Lösungen diejenige Lösung ermittelt, die der Konfigurationsaufgabe am ähnlichsten ist. Wesentlicher Faktor für die erfolgreiche Durchführung des Konfigurationsprozesses ist die Ermittlung der Ähnlichkeit (Ähnlichkeitsmaß) [Gras00, 27f.]. Der Prozess der Auswahl von Fallwissen kann entweder in Form eines durchgängigen Ablaufs („transformational analogy“) oder in einzelnen Schritten stattfinden („derivational analogy“) [GüKü99, 7]. Nach Abschluss der Konfigurierung wird die neue Lösung zur Menge der vorhandenen Lösungen hinzugefügt. Die besondere Herausforderung im CBR besteht in der Auswahl von Fällen und der Adaption von Konfigurationslösungen [Gras00, 28]. Die Nachteile des CBR liegen vor allem darin, dass erstens üblicherweise konservative Lösungen vorgeschlagen werden (keine Innovationen), zweitens die kausale Begründung für die Ermittlung einer bestimmten Konfiguration oft unzureichend ist und dass drittens die ermittelten Konfigurationen häufig von schlechter Qualität sind [GüKü99, 8].
Das CBR ist in der Lage, auf Basis von Erfahrungswissen Produktspezifikationen zu erstellen. Davon lassen sich außerdem die produktbezogenen Anforderungen an das Wertschöpfungssystem ableiten. In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 kann das CBR auch die Ermittlung von Akteursfähigkeiten, die Errichtung von Wertschöpfungssystemen und die Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen unterstützen. Hierbei kann eine Wissensbasis über frühere Wertschöpfungssysteme dafür verwendet werden, günstige Akteurskonstellationen für neue

Aufträge er ermitteln. Ungeeignet ist das CBR jedoch für die Erstellung vertraglicher Regelungen, da dieser Ansatz keine ökonomischen Grundannahmen enthält.

4.2.1.4 Hybride Ansätze

Die Klasse der hybriden Ansätze ermöglicht die Beschreibung von Konfigurationsmethoden bzw. -systemen, welche die wesentlichen Eigenschaften von mindestens zwei der bislang beschriebenen Ansätze kombinieren. Hybride Ansätze finden sich vor allem in systemtechnischen Umsetzungen von Konfigurationsmethoden (vgl. [Stum97]). Umfassende theoretische Konzepte sind nicht vorhanden.
Von den hybriden Ansätzen lassen sich keine allgemeinen Aussagen in Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 treffen. Inwieweit sie die Anforderungen erfüllen können, hängt dabei von der konkreten Ausgestaltung des hybriden Ansatzes ab. Bei einer Durchführung der Individualisierung innerhalb der Produktion müssen Produkt- und Produktionsmodelle vorliegen. Dies setzen bereits die darstellungsbasierten Methoden voraus. Im Fall einer Individualisierung, die sich auch auf die Produktentwicklung (vgl. „engineer-to-order“ in Abschnitt 2.1.2.2.1) auswirkt, erscheint das Case-Based Reasoning anwendbar, da das Individualisierungsspektrum größer ist und somit durch den Rückgriff auf bereits gelöste Konfigurationsprobleme Effizienzvorteile erlangt werden können. Die aufgabenbasierten Ansätze stellen den Konfigurationsvorgang und die damit verbundene Aufgabe in den Vordergrund. Für die transaktionsbezogenen Anforderungen bleiben jedoch die dargestellten Methoden ungeeignet.

4.2.2 Methoden der Produktmodellierung und des Produktdatenaustauschs

Mittels Produktmodellierung sollen formale Abbildungen realer Produkte erzeugt werden. Die Struktur von Produkten lässt sich grundsätzlich wie Datenstrukturen mittels Methoden der Informatik beschreiben, z. B.:

- Listen-orientierte Beschreibung (z. B. Stücklisten) [Schi02, 122ff.],
- Graphen-orientierte Beschreibung (z. B. Gozinto-Graph) [WeMü81],
- Baum-orientierte Beschreibung als spezieller Graph (z. B. Klassifikationsbaum) [Schi02, 63ff.],
- objektorientierte Beschreibung (z. B. Klassendiagramm) [Schi02, 180ff.].

In Abgrenzung zu diesen grundlegenden Methoden zur Modellierung von Produktstrukturen sind für die vorliegende Arbeit jedoch Konzepte zum informationstechnischen Ablegen und Übertragen von Produktinformationen von Bedeutung. In der Literatur finden sich Veröffentlichungen zu diesem Themenbereich auch unter dem Stichwort „Elektronische Produktkataloge“ [vgl. Hahn03 und Leuk04]. Im Sinne einheitlicher Vokabulare sind im Umfeld der Entwicklung des Electronic Business Spezifikationen entstanden, die den Austausch von Produktdaten vereinheitlichen. Im Folgenden werden daher *STEP*, *BMEcat*, *cXML*, *xCBL* und

eCX XML als Methoden für die Produktmodellierung bzw. den Produktdatenaustausch diskutiert und bewertet.

4.2.2.1 STEP

Der *Standard for the Exchange of Product Model Data* (STEP) stellt als Norm der *International Organization for Standardization* (ISO) „ein Referenzmodell zur Verfügung, das mit der Zielsetzung entwickelt worden ist, alle über den Produktlebenslauf anfallenden Produktdaten zu beschreiben und zu integrieren“ [GEPA94, 46] (Abbildung 45). In diesem Zusammenhang wird auch von der Produktdatentechnologie gesprochen, die „die Entwicklung von Datenmodellen, Schnittstellen und Methoden für alle Funktionen der Produktdatenverarbeitung“ beinhaltet [GEPA94, 45].

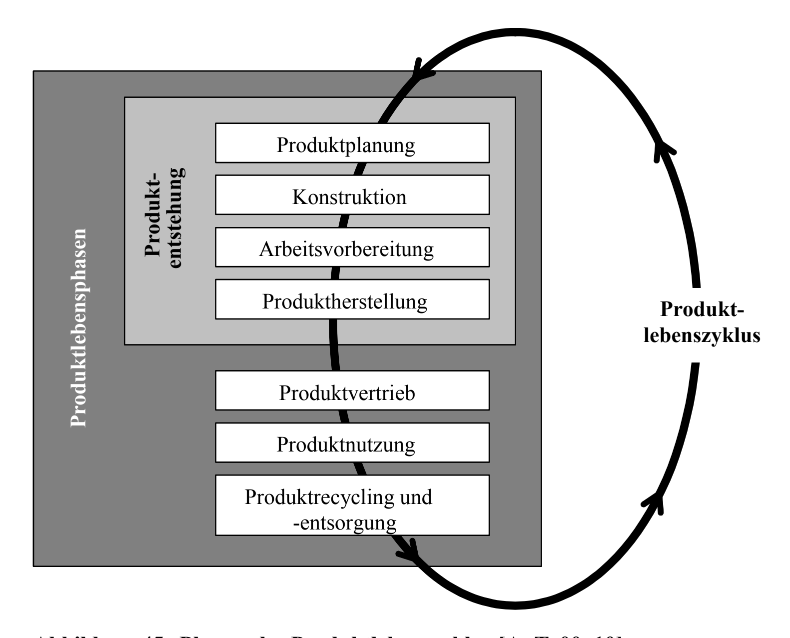


Abbildung 45: Phasen des Produktlebenszyklus [AnTr00, 10]

STEP ist modulartig aufgebaut und besteht aus mehreren, logisch zusammenhängenden Partialmodellen. In den allgemeinen Basismodellen werden vom Anwendungsbereich unabhängige Produktmerkmale abgebildet (z. B. Geometrie-, Produktstruktur-, Präsentations- und Toleranzmodell etc.). Die Integration dieser Partialmodelle findet auf Basis des Kernmodells (Architektur des integrierten Produktmodells) und des Repräsentationsmodells (Methoden zur Repräsentation von Produktmerkmalen) statt. Die Modellkonstrukte können mit anwendungsabhängigen Teilmodellen erweitert werden. Diese können hinsichtlich bestimmter Anwendungsbereiche erstellt werden (z. B. Zeichnungsmodelle etc.) [GrAP93, 17]. Um die Phasen

der Produktmodellentwicklung darstellen zu können, stellt STEP mehrere Methoden und Werkzeuge bereit. Für die Entwicklung und Dokumentation von Funktionsmodellen kann IDEF0 genutzt werden, für die Entwicklung und Dokumentation von Informationsmodellen stehen NIAM, IDEF1X, EXPRESS und EXPRESS-G zur Verfügung [GrAP93, 24]. EXPRESS ist eine strukturell objektorientierte Informationsmodellierungssprache und wird zur formalen Spezifikation der Modelle verwendet [GrAP93, 38]. STEP wird vor allem im konstruktionsorientierten Umfeld wie z. B. in der Automobilindustrie verwendet. Eine weiterführende Darstellung der STEP-Norm findet sich in [AnTr00].
In Hinblick auf Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 erfüllt STEP insbesondere die produktbezogenen Anforderungen. So unterstützt STEP die Erstellung von Produktmodellen, die Ermittlung von Anforderungen des Produktmodells an das Wertschöpfungssystem und die Erstellung von Produktspezifikationen. Auch die Festlegung der Akteurszuordnung und der Austausch von Produktspezifikationen sind möglich. Ungeeignet ist STEP jedoch für die Errichtung und Auflösung von Wertschöpfungssystemen sowie der damit in Verbindungen stehenden Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen.

4.2.2.2 BMEcat

BMEcat ist eine vom *Bundesverband für Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V.* (BME) initiierte Entwicklung zur Standardisierung der elektronischen Übertragung von Produktkatalogen. An der Entwicklung haben neben dem Fraunhofer IAO und den Universitäten Essen und Linz eine Vielzahl von Unternehmen mitgewirkt (z. B. Alcatel, BMW, DaimlerChrysler, Deutsche Telekom, Mannesmann, Siemens etc.). Die Spezifikation ist XML-basiert und unterstützt die Übernahme von Katalogdaten zur Verwendung im elektronischen Geschäftsverkehr. Nachdem im Jahr 1999 die erste Version veröffentlicht wurde, folgten in den Jahren 2001 und 2003 zwei Überarbeitungen. Seit November 2005 ist der Standard als „BMEcat 2005“ in der aktuellen Version verfügbar [BMEc05a; BMEc06b].
Der BMEcat Standard umfasst die Abbildung von Produktdaten und Katalogstrukturen und enthält strukturelle Beschreibungen der Produktdaten in Form von Grunddaten, Verpackungsdaten, Preisdaten, multimedialen Zusatzdaten, Artikelstrukturdaten und Katalogstrukturdaten. Die Verwendung von standardisierten Produktklassifikationen wird empfohlen. Zur Aktualisierung der Kataloginhalte stehen Katalogtransaktionen zur Verfügung (z. B. neuer Produktkatalog, Aktualisierung von Produktdaten oder Aktualisierung von Preisdaten). Die Erweiterbarkeit der Spezifikation ist mittels Hinzufügen spezifischer Datenfelder oder mittels Anpassung der XML-Definition möglich [BMEc06a].
Katalogdokumente im BMEcat-Format werden mit dem Root-Element `BMECAT` eingeleitet und bestehen aus einem Kopf- und einem Transaktionsteil. Der Kopfteil (`HEADER`) enthält neben allgemein beschreibenden Informationen (Metadaten) zum Katalog (z. B. Informationen über das Werkzeug oder das System, mit dem der Katalog erstellt wurde) insbesondere Informationen über die Teilnehmer am Katalogaustausch (`BUYER` und `SUPPLIER`). Der

Transaktionsteil enthält eine der drei möglichen Transaktionen: Übertragung eines neuen Katalogs (`T_NEW_CATALOG`), Aktualisierung von Produktdaten (`T_UPDATE_PRODUCTS`) oder Aktualisierung von Preisinformationen (`T_UPDATE_PRICES`) [BMEc05b, 19ff.]. Als Erweiterung im Vergleich zu der Version 1.2 wurden in der aktuellen Version BMEcat 2005 folgende Veränderungen vorgenommen: Erweiterung des Produktmodells um konfigurierbare Produkte („Modul Produktkonfiguration“), Erweiterung des Produktmodells zur Beschreibung von Dienstleistungen, Erweiterung des Preismodells um dynamische Preiskomponenten („Modul Preisformeln“), Erweiterung der Produktbeschreibung um logistische Informationen, Unterstützung von externen Kataloganwendungen. Außerdem wurde BMEcat um die Möglichkeit erweitert, mehrsprachenfähige Dokumente und Multi-Lieferanten-Kataloge anzulegen [BMEc05b, 15-17].

In Ergänzung zu BMEcat wurde der Transaktionsstandard openTRANS entwickelt, der den automatisierten Austausch von Geschäftsinformationen unterstützt. Die XML-basierte Spezifikation ist seit 2001 in der Version 1.0 verfügbar und unterstützt die folgenden Geschäftsdokumente: Aufforderung zur Angebotsabgabe, Angebot, Auftrag, Auftragsänderung, Auftragsbestätigung, Lieferavis, Wareneingangsbestätigung, Rechnung [BMEc06c].

In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 unterstützt BMEcat die Erstellung von Produktmodellen und die Ermittlung der Anforderungen von Produktmodellen an ein Wertschöpfungssystem. Die aktuelle BMEcat-Spezifikation erlaubt außerdem die Erstellung und den Austausch von Produktspezifikationen. Die Auswahl von Wertschöpfungspartnern, die Errichtung von Wertschöpfungssystemen und die Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen ist jedoch nicht vorgesehen.

4.2.2.3 cXML – Commerce XML

Commerce XML (cXML) ist ein XML-basierter Standard für den elektronischen Geschäftsverkehr. Die Entwicklung der Spezifikation geht auf Initiativen des Unternehmens Ariba Inc. zurück, ein Hersteller von Software für elektronische Marktplätze. Die Version 1.2.016 wurde im September 2006 veröffentlicht [cXML06]. Transaktionen auf Basis von cXML werden mittels Austausches von XML-Dokumenten durchgeführt. Die drei verfügbaren Dokumententypen sind hierbei *Catalogs*, *PunchOut* und *PurchaseOrder* [cXML06, 18]. Elemente des Typs `Catalogs` enthalten Informationen über Produkte und Dienstleistungen eines Unternehmens. Dieser Dokumententyp dient dazu, das Leistungsangebot von Unternehmen den Geschäftspartnern zur Verfügung zu stellen. Die cXML Katalog Definition enthält die beiden Elemente `Supplier` und `Index`. Während das `Supplier`-Element Informationen über den Lieferanten von Produkten enthält (z. B. Adress- und Bestellinformationen), wird im `Index`-Element das Produkt- und Dienstleistungsangebot eines Lieferanten spezifiziert. Jedes `Index`-Element ist jeweils mit genau einem Lieferanten assoziiert und besteht aus einem

oder mehreren `IndexItem`-Elementen. Es existieren drei Arten von Transaktionen, die in den `IndexItem`-Elementen spezifiziert werden: `IndexItemAdd` zum Hinzufügen oder Aktualisieren eines vorhandenen Katalogeintrags, `IndexItemDelete` zum Löschen eines Eintrags aus dem Index und das Element `IndexItemPunchout` zum Einleiten einer PunchOut-Transaktion [cXML06, 279-284]. Mittels der PunchOut-Transaktion können Unternehmen Produktinformationen von Lieferanten beziehen, ohne dass der komplette Katalog vorab übertragen werden muss. Es findet daher eine scheinbare Integration der Katalog- und Produktdaten statt. Der Ablauf einer cXML PunchOut Transaktion ist in Abbildung 46 dargestellt.

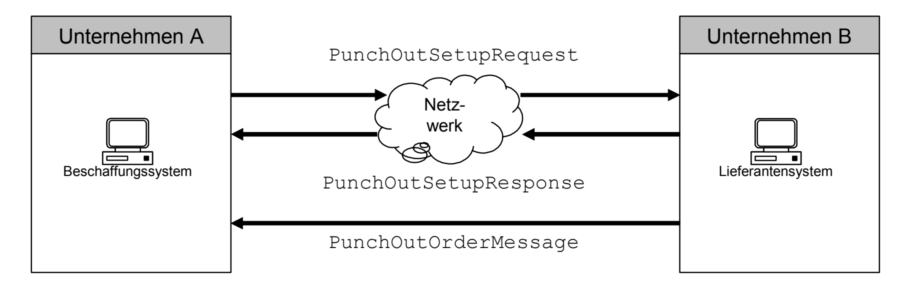


Abbildung 46: Ablauf einer PunchOut Transaktion [cXML06, 101]

Katalogdaten des Lieferanten (Unternehmen B) werden in das System des beschaffenden Unternehmens (Unternehmen A) per PunchOut integriert. Zur Initiierung der Verbindung wird ein cXML-Dokument vom Typ `PunchOutSetupRequest` an den Lieferanten gesendet (1). Die Sitzung wird durch Übermittlung einer `PunchOutSetupResponse`-Nachricht an das Unternehmen A bestätigt (2). Nach Abschluss der Produktauswahl wird die Liste der Produkte in Form einer `PunchOutOrderMessage` von Unternehmen B an Unternehmen A quittiert (3). Eine Bestellung kann nun durchgeführt werden [cXML06, 99-114].
Bei cXML handelt es sich um eine Spezifikation zum Austausch von Produktkatalogen. In Hinblick auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 werden somit die produktbezogenen Merkmale erfüllt. Mit den Produktkatalogen können Produktmodelle und erstellte Produktspezifikationen ausgetauscht werden. Für die transaktionsbezogenen Anforderungen, die über das Management des Produktkatalogs hinausgehen, ist cXML jedoch ungeeignet. So werden weder die Ermittlung von Akteursfähigkeiten und die Auswahl von Wertschöpfungspartnern noch die Errichtung und Auflösung von Wertschöpfungssystemen ermöglicht.

4.2.2.4 xCBL – XML Common Business Library

Die Entwicklung der *XML Common Business Library* (xCBL) begann 1997 unter der Leitung von Veo Systems. Das Projekt wird mittlerweile von CommerceOne getragen und die Spezi-

fikation liegt zurzeit in der Version 4.0 vor [xCBL03]. Die XML Common Business Library ist ein XML-basiertes Rahmenwerk zur Unterstützung des elektronischen Geschäftsverkehrs. xCBL unterstützt Vorgänge wie z. B. Beschaffungsprozesse, Zahlungsverkehr, Auktionen etc. und beschränkt sich auf deren Inhalte in Form von Geschäftsdokumenten. Transaktionsmechanismen sind nicht vorhanden. Die xCBL-Spezifikation basiert auf dem XML-Schema des *World Wide Web Consortium*s (W3C), das eine Typendefinition der Dokumentinhalte ermöglicht [xCBL06].
xCBL-Dokumente enthalten das globale Element `ProductCatalog`, das aus den drei Elementen `CatalogHeader`, `CatalogSchema` und `CatalogData` bestehen kann. Außerdem können unstrukturierte Informationen in Form von Anlagen hinzugefügt werden. Im `CatalogHeader`-Element, das mindestens einen Eintrag im `CatalogID`-Element (eindeutiger Bezeichner) und im `CatalogProvider`-Element (Geschäftspartner oder Katalogsystem) enthalten muss, werden allgemeine administrative Informationen spezifiziert. Mit dem `CatalogSchema`-Element kann eine Katalogstruktur für die Produkte aufgebaut werden, die entweder extern eingebunden werden kann (unter Verwendung der Elemente `SchemaSource` und `SchemaURN`) oder explizit angelegt ist (`SchemaCategory`-Element). Die Produkte und die dazugehörigen Preisinformationen werden schließlich innerhalb des `CatalogData`-Elementes spezifiziert. Das `CatalogData`-Element besteht aus zwei Unterelementen: `Product` und `Pricing`. Das `Pricing`-Element kann eine Vielzahl optionaler Produktattribute enthalten. Obligatorisch ist die Angabe eines Schlüssels, der `ProductID` bezeichnet wird. Auch xCBL stellt Bearbeitungsmethoden zur Arbeit in den Katalogen zur Verfügung (Hinzufügen, Löschen oder Aktualisieren). Diese werden im `Action`-Element festgelegt. Mittels des `ProductAttachment`-Elementes lassen sich externe Produktbeschreibungen einbinden. Beziehungen zwischen Produkten können über das Element `RelatedProduct` abgebildet werden. Mögliche Ausprägungen des Elementes sind: `Component` (Produkt ist Bestandteil eines anderen), `Substitute` (Ersatz- oder Nachfolgeprodukt), `Alternative` (Produktalternative) und `Accessory` (Zubehör für andere Produkte). Schließlich können Produktinformationen, die nicht in die vorhandenen Dokumentenelemente passen, in das `ObjectAttribute`-Element integriert werden. Hierzu gehören beispielsweise individuelle Katalogdaten, Schemakategorien oder spezifische Produktbeschreibungen [xCBL03].
Auch bei xCBL handelt es sich um eine Spezifikation für Produktkataloge. In Bezug auf die funktionalen Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 werden die Erstellung von Produktmodellen, die Ermittlung der Anforderungen des Produktes an das Wertschöpfungssystem und der Austausch von Produktspezifikationen unterstützt. Die Auswahl von Wertschöpfungspartnern ist prinzipiell auf Basis der von Akteuren angebotenen Produkten und Dienstleistungen in Form eines Katalogs möglich. xCBL unterstützt hierbei den elektronischen Geschäftsverkehr in Form unterschiedlicher Unternehmens-

prozesse. Eine Festlegung der Akteurszuordnung sowie die Errichtung und Auflösung von Wertschöpfungssystemen ist nicht möglich.

4.2.2.5 eCX XML – Electronic Catalog XML

Electronic Catalog XML (eCX XML) ist eine XML-basierte Spezifikation der Requisite Technology Inc., Anbieter von Software für elektronische Kataloge. eCX XML fokussiert die Entwicklung einer Methode zum Austausch von Produkt- und Katalogdaten sowie deren Aktualisierung. Eigene Transaktionsmechanismen werden nicht entwickelt. Die Spezifikation liegt zurzeit als Version 3.6 vom 11. November 2003 vor. Der Aufbau von eCX XML Dokumenten ist als Document Type Definition (DTD) verbindlich festgelegt [eCXX03].
Das Wurzelelement eines eCX XML Dokumentes ist `CATALOG`, das aus drei Unterelementen besteht: `ADMIN`, `SCHEMA` und `DATA`. Das `ADMIN`-Element enthält administrative Informationen wie der Name des Katalogs, das Datum der Erstellung und den Namen der Ersteller etc. Das `SCHEMA`-Element enthält mehrere Unterelemente zum Aufbau der Katalogstruktur sowie zum Ablegen der Produktinformationen. Über das `CATEGORY`-Element können Kategorien im Katalog (im Sinne einer Klassifikation) angelegt werden. Aktionen zum Hinzfügen, Ändern und Löschen von Kategorien können über das Attribut `ACTION` angegeben werden. Mit den Elementen `NAMEVALUE` (applikationsspezifische Informationen), `METADATA` (erweiterte Informationen zu den Kategorien) und `COMMENT` können die Kategorien zusätzlich näher beschrieben werden. Einen ähnlichen Aufbau wie das `CATEGORY`-Element hat das Element `NAVIGATION`. Der Unterschied zum ersteren besteht in der Erweiterung um das Element `OWNER`, das mittels Referenz auf bestehende Einträge den Aufbau einer Kategorienhierarchie ermöglicht. Die eigentlichen Produktdaten enthält das Element `DATA`, das aus den Unterelementen `ITEM`, `DATAEXTENSION`, `PRICING` und `MATRIX` besteht. Das `ITEM`-Element repräsentiert einen Katalogeintrag, der mit beliebig vielen `NAMEVALUE`- und `KEYVALUE`-Einträgen näher spezifiziert werden kann und über das `OWNER`-Element einer oder mehreren Kategorien des `CATEGORY`-Elements zugeordnet werden kann. Um Einträge hinzuzufügen, zu ändern und zu löschen, wird das Attribut `ACTION` verwendet. Das `DATAEXTENSION`-Element, das sowohl Unterelement von `DATA` als auch von `ITEM` sein kann, wird dazu verwendet, einerseits Beziehungen zwischen anderen `ITEM`-Einträgen abzubilden und andererseits erweiterte Artikelinformationen zu ergänzen. Preisinformationen zu den Katalogeinträgen werden über das `PRICING`-Element spezifiziert (volumenabhängige Preisstaffeln, Rabattstaffeln etc.). Zur Darstellung variabler Produkte existiert in der eCX XML Spezifikation das `MATRIX`-Element. Für jedes Produktmerkmal wird ein `MATRIXATTRIBUTE`-Element angelegt. Die Zuordnung eines konfigurierbaren Produktes zu einer Matrix findet über ein `DATAEXTENSION`-Element vom Typ Matrix statt. Parallel zum `MATRIXATTRIBUTE`-Element existiert das Element `KEYVALUE`, das die Berechnungsvorschrift zur Bildung der

Matrix beschreibt und die Möglichkeit zur Steuerung der Informationsausgabe, Preisberechnung und Produktbeschreibung bereitstellt [eCXX03].
eCX XML erlaubt die Erstellung von Produktmodellen und die Ermittlung der Anforderungen eines Produktmodells an das Wertschöpfungssystem. Der Austausch von Produktspezifikationen ist über die enthaltenen Katalogaktivitäten und den Austausch des Produktkatalogs zwischen Akteuren möglich. Schwerpunkt der Spezifikation ist jedoch das Management von Produktkatalogen. Die transaktionsbezogenen Anforderungen wie z. B. die Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen sowie die Errichtung und Auflösung von Wertschöpfungssystemen werden nicht erfüllt.

4.2.2.6 Klassifikationssysteme

Die bislang dargestellten Spezifikationen beschreiben den Aufbau und Inhalt von Katalogen. Kataloge enthalten Informationen über Produkte und Dienstleistungen, die auf Basis des definierten Datenmodells näher spezifiziert werden können. Die Zuordnung zu Kategorien ermöglicht die Einteilung von Gütern nach bestimmten Kriterien. So lassen sich z. B. branchenspezifische Produktgruppen abbilden. Zur Vereinheitlichung dieser Kategorien sind Klassifikationssysteme entstanden, die nach [Hent01] in drei Arten unterteilt werden können:

1. Industrieklassifikationssysteme,
2. Produktklassifikationssysteme,
3. Produktnummernsysteme.

4.2.2.6.1 Industrieklassifikationssysteme

Industrieklassifikationssysteme teilen Unternehmen nach ihrer Branchenzugehörigkeit ein. Hierzu gehört das *North American Industry Classification System* (NAICS) des *U.S. Census Bureau* [NAIC06] und das *North American Product Classification System* (NAPCS) [NAPC06]. In Bezug auf die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 eignen sich Industrieklassifikationssysteme zur Ermittlung von Akteursfähigkeiten. Unternehmen, die sich anhand von Industrieklassifikationssystemen beschreiben, ermöglichen anderen Akteuren, Informationen über die angebotenen Leistungen und die zugrunde liegende Branche zu beziehen. Weitere Anforderungen, insbesondere die transaktionsbezogenen Merkmale, erfüllen diese Systeme nicht.

4.2.2.6.2 Produktklassifikationssysteme

Produktklassifikationssysteme teilen Produkte in Produktgruppen ein. In Deutschland existieren hierfür die branchenübergreifenden Systeme eCl@ass [eCla06] und proficl@ss [prof06]. Ein international verbreitetes Klassifikationssystem ist der US-amerikanische *United Nation/Standard Products and Service Code* (UN/SPSC) [UNSP06]. Als branchenspezifische Systeme existieren das *Thomas Register* für C- bzw. MRO-Güter („Maintenance, Repair and

Operations“) in den USA [Thom06] oder *ETIM* (Elektrotechnisches Informationsmodell) für den Austausch von Produkt- und Marketingdaten der deutschen Elektroindustrie [ETIM06]. In Hinblick auf die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 erlauben Produktklassifikationssysteme die Beschreibung der von Wertschöpfungssystemen angebotenen Produkte und Leistungen (Erstellung von Produktmodellen und Ableitung der Anforderungen von Produktmodellen an Wertschöpfungssysteme). Damit wird einerseits die Auswahl von Wertschöpfungspartnern und andererseits die Festlegung der Akteurszuordnung ermöglicht. Transaktionsbezogene Funktionen werden jedoch nicht unterstützt.

4.2.2.6.3 Produktnummernsysteme

Produktnummernsysteme ermöglichen die einzelne Bezeichnung von Produkten mit eindeutigen Schlüsseln. Hierzu zählen der UN-amerikanische *Universal Product Code* (UPC) des GS1 US (früher: *The Uniform Code Council*) [GS1U06] und die europäische Initiative der *European Article Numbering Association* (EAN) [GS1D06]. Die Forderung nach Repräsentation von Produktvarianten wird zunehmend auch in Produktnummernsysteme umgesetzt. So wurde mittels *Customer Specific Articles* (CSA) [CSA06] ein Verfahren für die Möbelindustrie entwickelt, variantenreiche Produkte auf Basis der EAN13-Spezifikation abbilden zu können, ohne dass alle möglichen Produktausprägungen explizit formuliert werden müssen. In Ergänzung zu den genannten Klassifikationssystemen existiert eine Art Industrienummernsystem, mittels dessen Unternehmen weltweit eindeutig identifiziert werden können: *Data Universal Numbering System* (DUNS) [DUNS05]. Die europäische Variante ist die *Internationale Lokationsnummer* (ILN), die als Basis zur Erstellung herstellerabhängiger EAN-Nummern für Produkte dient. Auch die ILN ist weltweit eindeutig [ILN06]. Der Verweis auf eindeutige und anerkannte Klassifikationssysteme vereinheitlicht die Produkt- und Unternehmensdaten in Katalogen. Die Bewertung von Katalogspezifikationen hat demnach zu berücksichtigen, inwieweit auf standardisierte Klassifikationssysteme zurückgegriffen wird.
Wie die CSA Spezifikation zeigt, lassen sich mit Produktnummernsystemen auch Produktspezifikationen erstellen. In Bezug auf die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 erlauben diese Ansätze die Identifikation von Produkten. Weitere Anforderungen werden jedoch nicht erfüllt, da weder transaktionsbezogene noch umfassende produktbezogene Aufgaben unterstützt werden (z. B. Erstellung von Produktmodellen oder die Ableitung von Anforderungen des Produktmodells an das Wertschöpfungssystem). Produktklassifikationssysteme lassen sich daher nur als ergänzende Instrumente für Mass Customization Informationssysteme einsetzen.

4.3 Dedizierte Informationssysteme für Mass Customization

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die vorhandenen Konzepte in den für die Arbeit notwendigen Forschungsbereichen diskutiert und bewertet. So wurden für den Aspekt der

mehrstufigen Logistikketten vorhandene Konzepte für die überbetriebliche Kooperation (Abschnitt 4.1) und für den Aspekt der Individualisierung der Nachfrage sowie Konzepte zur Produktmodellierung und -konfigurierung (Abschnitt 4.2) herangezogen. Neben diesen Arbeiten in den zugrunde liegenden Forschungsbereichen sind in den letzten Jahren weitere informationstechnologische Konzepte entstanden, deren Entwicklung explizit auf die Anwendung für Mass Customization ausgerichtet war. Im Folgenden werden diese Ansätze beschrieben. Außerdem findet jeweils eine Bewertung hinsichtlich der in Abschnitt 3.5 festgelegten Anforderungen statt. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Kapiteln, die deduktiv von übergeordneten Forschungsbereichen die Übertragung auf Mass Customization betrachten, werden nachfolgenden die IS-Konzepte unter Berücksichtigung ihren spezifischen Merkmale auf die allgemeine Anwendbarkeit für Mass Customization erörtert.
Die Forschung über Informationssysteme für Mass Customization wird aus unterschiedlichen Perspektiven betrieben. Einen Überblick gibt [ChGr04]. Da die vorliegende Arbeit die Perspektive mehrstufiger Logistikketten und des Managements konfigurierbarer Produkte einnimmt, muss eine entsprechende Selektion aus der Menge der vorhandenen Arbeiten vorgenommen werden. Einige Themengebiete im Umfeld von Mass Customization fallen aus dem Fokus dieser Arbeit: z. B. Innovationsmanagement [vgl. Hipp00], kooperative Produktentwicklung [vgl. Ande97 und KäPT01]), flexible Fertigungssysteme [vgl. QLMc03] und Mass Customization Ansätze im Maschinenbau [vgl. RPEG00]. Von zentraler Bedeutung sind vielmehr die Arbeiten, die in [ChGr04] unter den Begriffen *Supply Chain Management* und *Communications and Networks* zusammengefasst werden [ChGr04, 26]. Berücksichtig werden sowohl theoretische Konzepte als auch empirische Arbeiten. Der Reife- und Implementierungsgrad wird zunächst vernachlässigt. Das wesentliche Kriterium für die Berücksichtigung in dieser Arbeit ist jedoch die Forderung nach explizit modellhaften Beschreibungen von Informationssystemkonzepten für Mass Customization.

4.3.1 Web Services basierte Architektur für Mass Customization nach Agrawal und Nandkeolyar

In [AgNa04] wird eine auf Web Services basierende Architektur für Mass Customization entwickelt. Ziel ist die Bereitstellung eines effizienten Informationsnetzwerkes für die beteiligten Wertschöpfungspartner (Kunde, Produzent und Zulieferer). Das entwickelte Konzept verwendet die XML-basierten Web Service Spezifikationen WSDL, SOAP und UDDI und setzt auf die Verwendung des Internets zum Austausch der Nachrichten bzw. Informationen. Die Architektur beschreibt die Interaktionsprozesse aus Sicht des Produzenten von Mass Customization Produkten. Zentrales Element der Architektur ist ein *Application Server*, der Kundenanfragen und -bestellungen entgegennimmt und verarbeitet (Abbildung 47). Die Anbindung an die vorhandenen IT-Systeme (z. B. Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme) ermöglicht die Abfrage von Lagerbeständen und Kapazitäten. Die Dienste von Lieferanten können über ein UDDI-Verzeichnis angefragt werden. In den verfügbaren WSDL-Doku-

menten ist die Beschreibung von Diensten verfügbar, die mittels SOAP aufgerufen werden kann. Nachdem der Applikationsserver alle benötigten Informationen der Lieferanten erhalten hat, kann die Bestellung der (individuellen) Komponenten initiiert werden [AgNa04]. Das Konzept beinhaltet kein Produktmodell und keine Verfahren zur Produktkonfigurierung. Weiterhin sind keine Rückflüsse von Informationen zum Kunden vorgesehen.

In Hinblick auf die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 unterstützt der Ansatz von Agrawal und Nandkeolyar die Auswahl von Wertschöpfungspartnern, die Festlegung der Akteurszuordnung und die Errichtung sowie Auflösung von Wertschöpfungssystemen. Außerdem wird der Austausch von Produktspezifikationsdaten ermöglicht. Aus Sicht der operativen Aufgaben des Wertschöpfungssystems ist die Unterstützung zur Herstellung der kundenindividuellen Güter gegeben. Nicht berücksichtigt werden jedoch die Erstellung von Produktmodellen und die Erstellung von Produktspezifikationen.

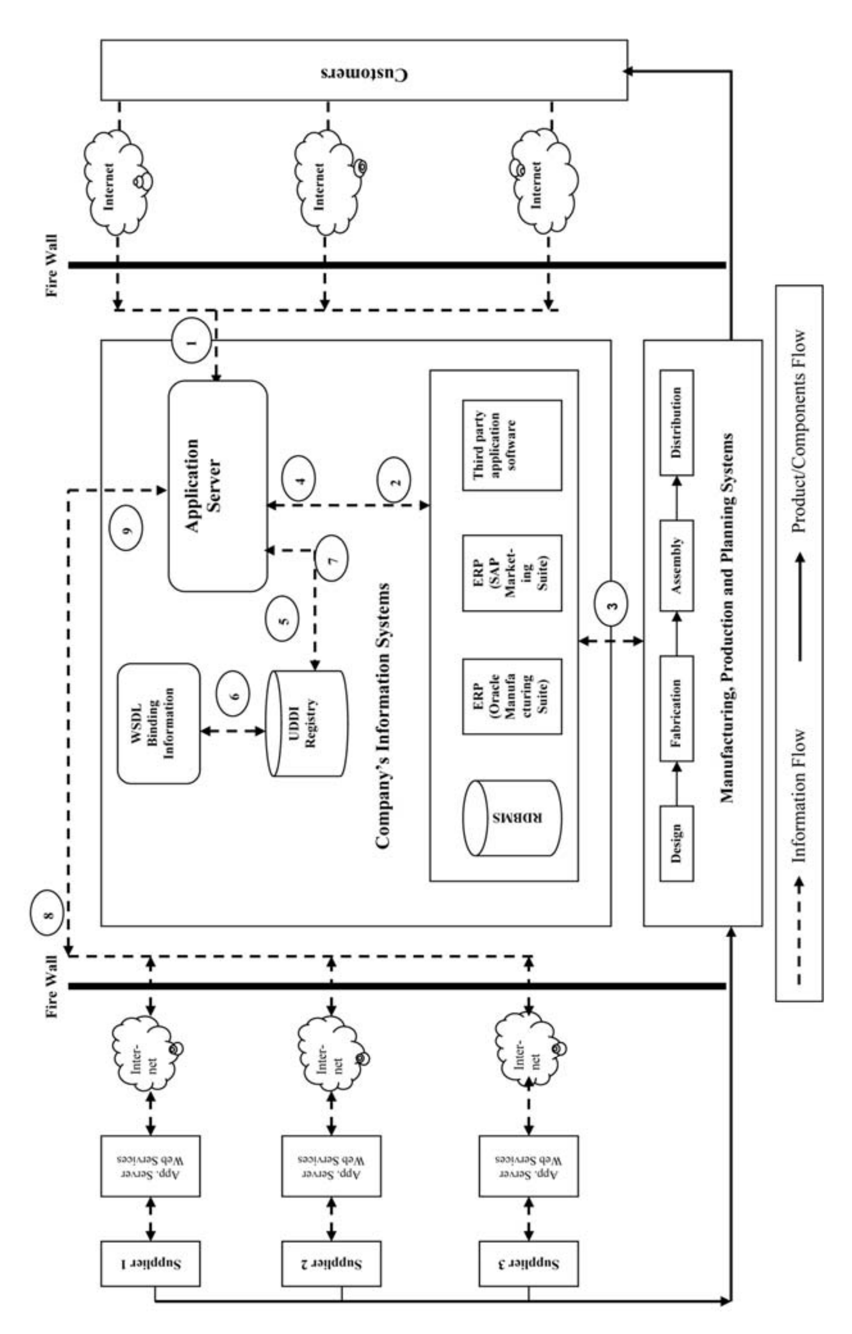


Abbildung 47: Web Services basierte Architektur für Mass Customization [AgNa04, 4]

4.3.2 Agentenbasiertes E-Commerce-Konzept für Mass Customization nach Turowski

In [Turo02] wird ein agentenbasierter Ansatz zur Unterstützung der überbetrieblichen Geschäftsprozesse im Rahmen von Mass Customization entwickelt (Abbildung 48). Berücksichtigt wird insbesondere der Austausch schwer strukturierbarer Daten. Das Konzept wurde als Prototyp in JAVA implementiert. Der dargestellte Makroprozess umfasst als Teilnehmer des Wertschöpfungssystems folgende Akteure: Kunde, Händler, Produzent und mehrere Zulieferer. Die überbetriebliche Kommunikation vollzieht sich auf Basis von EDI und nutzt die Spezifikation von XML-EDI als Erweiterung des Nachrichtenaustausches. Methoden der Agententechnologie werden verwendet, so dass die Kommunikationsbeziehungen innerhalb und zwischen den Akteuren von Softwareagenten übernommen werden (z. B. *NegotiationAgents* für Verhandlungen zwischen Akteuren und *ParserAgents* für Datentransformationen etc.). Die einzelnen Kommunikationsbeziehungen sind beispielhaft für Produzent und Zulieferer in Form eines Interaktionsdiagramms spezifiziert. Das beschriebene Multiagentensystem folgt dabei dem Paradigma des Kontraktnetzprotokolls [Smit80]. Ein Agent, der in dem beschriebenen Ansatz als spezielle Softwarekomponente dargestellt ist, besteht demnach aus einem Kommunikationssystem („Communication processor“), einer Problemlösungskomponente („Problem solver“) und einer Wissensbasis („Knowledge Base“) [Turo02, 76ff.].

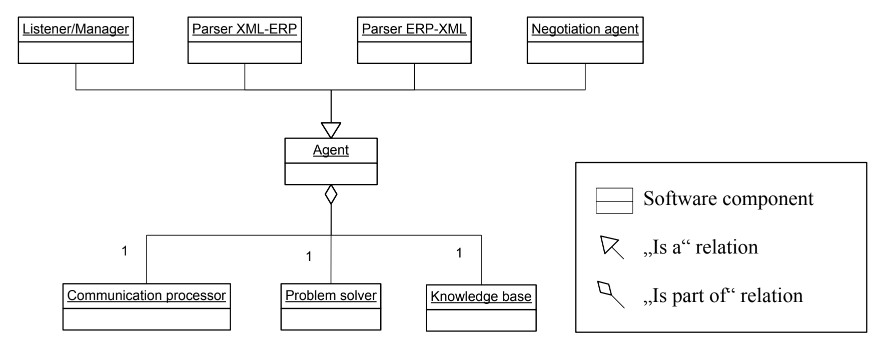


Abbildung 48: Agentenbasiertes E-Commerce-Konzept für Mass Customization [in Anlehnung an Turo02, 78]

In dem Modell von Turowski liegt der Schwerpunkt auf den Kommunikationsbeziehungen zwischen Akteuren eines Wertschöpfungssystems. In Hinblick auf die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 werden demnach insbesondere die Ermittlung von Akteursfähigkeiten und die Auswahl von Wertschöpfungspartnern unterstützt. Das Konzept umfasst kein Produktmodell. Auch die Produktkonfigurierung und die Wertschöpfungsprozesse werden nicht expliziert. Für die Errichtung von Wertschöpfungssystemen ist dieses Konzept nicht geeignet.

4.3.3 Mass Customization Architektur nach Aldous und Nicholls

In [AlNi02] wird eine Mass Customization Architektur für die Herstellung physischer Produkte beschrieben. Wesentliche Bestandteile der Architektur sind hierbei folgende Instrumente und Methoden: Produktkonfiguratoren, Produktdatentransformation, Kundenauthentifizierung, Zahlungsabwicklung, Supply Chain Management, Dokumentenverarbeitung, Dokumentenaustausch und die Vermarktung von Nebenprodukten (Abbildung 49). Die Architektur ist aus Sicht eines Herstellers von Mass Customization Produkten beschrieben und setzt XML-basierte Technologien ein. Das beschriebene Konzept wurde bisher nicht in Form eines implementierten Systems realisiert. Für die Beschreibung der auszutauschenden Dokumente (z. B. Produktdaten) wird auf vorhandene Rahmenwerke (z. B. ebXML und RosettaNet) verwiesen (vgl. Abschnitt 4.1.2) [AlNi02]. Das Konzept besteht weniger aus eigenen Instrumenten als aus einem System von Verweisen zu vorhandenen Methoden wie z. B. Produktmodellierung, Produktkonfigurierung. Prozesse und Akteure werden nicht in Form eigener Sichten berücksichtigt.

Das Modell von Aldous und Nicholls ist aus Sicht eines Wertschöpfungssystems und der Durchführung von Transaktionen umfassend, bleibt jedoch auf einer konzeptionellen Ebene, ohne die Umsetzung der einzelnen Aufgaben zu beschreiben. In Hinblick auf die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 werden die Erstellung von Produktmodellen und die Ermittlung der Anforderungen des Produktmodells an ein Wertschöpfungssystem unterstützt. Zudem wird die Erstellung von Produktspezifikationen berücksichtigt. Die Durchführung von Wertschöpfungsschritten (insbesondere die Herstellung des Sachgutes) wird mit dem Hinweis auf eine „Supply Chain“ zwar erwähnt, aber nicht detailliert dargestellt. Für die Auswahl von Wertschöpfungspartnern und die Errichtung von Wertschöpfungssystemen ist dieses Konzept auf der dargestellten Detaillierungsstufe nicht geeignet.

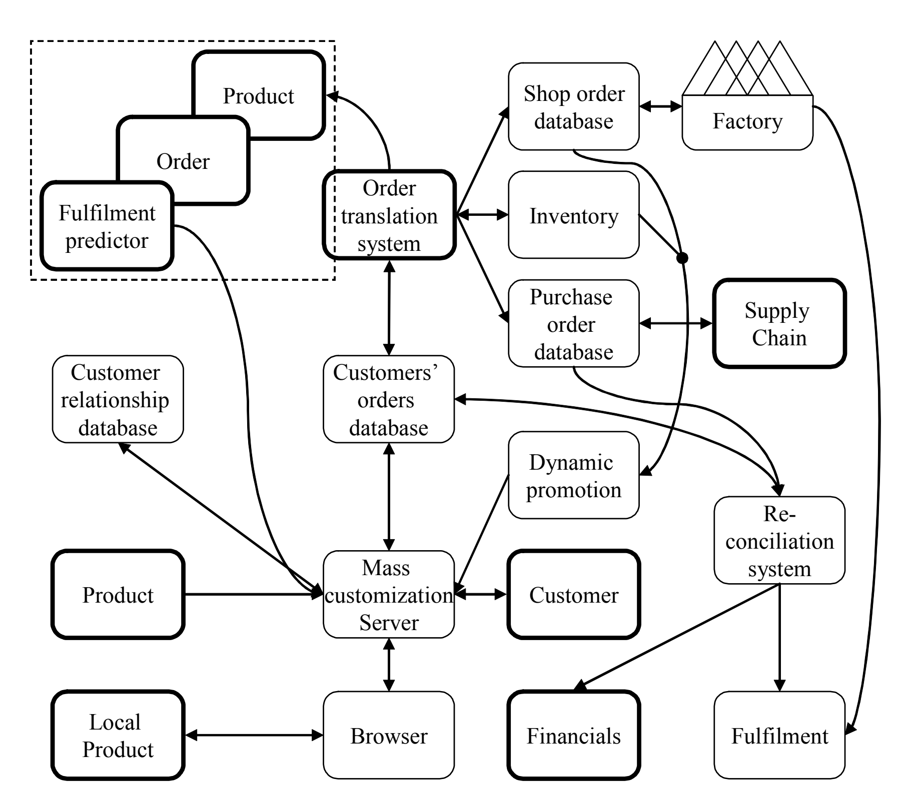


Abbildung 49: Werkzeugunterstützung für Mass Customization [AlNi02, 95]

4.3.4 Mass Customization Produktmodell nach Janitza et al.

Ein Mass Customization spezifisches Produktmodell wird in [JLMP03] beschrieben. Der Ansatz soll hierbei die Anforderungen der drei mit dem Produktmodell verbundenen Gruppen erfüllen: Kunde, Produktentwickler und Produktionsplaner (Abbildung 50). Das Produktmodell besteht aus zwei Teilmodellen, dem *Product spectrum model* (PSM) und dem *Product configuration model* (PCM). Während das PSM den kompletten Lösungsraum möglicher Produkte beschreibt, ist im PCM ein spezifisches Produkt im Sinne einer Produktkonfiguration abgelegt. Für beide Modelle existiert ein Metamodell zur Definition der Modellierungsvorschriften. Kern des PSM ist eine Komponentenhierarchie, die aus Objekten des Typs `PartMaster` mit der Möglichkeit zur rekursiven Referenzierung zusammengesetzt ist. Artikelspezifische Informationen zu den Komponenten können über das `AttributeMaster`-Objekt abgelegt werden. Das äquivalente Objekt zu `PartMaster` des PSM ist `Part` im PCM. `Part` kann hierbei eine einzelne Komponente oder ein Modul (Einheit mehrerer In-

stanzen von `Part`) sein [JLMP03]. Das Konzept fokussiert eine statische Datensicht. Prozesse und Methoden der Produktkonfigurierung werden nicht betrachtet.
Janitza et al. stellen einen Ansatz für die Produktmodellierung und -konfigurierung vor. Mit der Erstellung des Produktmodells ist auch die Ermittlung von Anforderungen des Produktmodells an das Wertschöpfungssystem möglich. Der Vorgang zur Erstellung von Produktspezifikationen wird nicht explizit dargestellt, kann aber von den eingeführten Modellbestandteilen abgeleitet werden. Prozess- und akteursbezogene Anforderungen werden von dem Ansatz nicht erfüllt. So ist weder die Ermittlung von Akteursfähigkeiten noch die Auswahl von Wertschöpfungspartnern möglich. Auch die Errichtung und Auflösung von Wertschöpfungssystemen wird nicht unterstützt. Schließlich umfasst der Ansatz auch kein Modell zur Durchführung von Wertschöpfungstransaktionen. In Hinblick auf Mass Customization Informationssysteme erfüllt der Ansatz von Janitza et al. nur einen geringen Teil der Anforderungen gemäß Abschnitt 3.5.

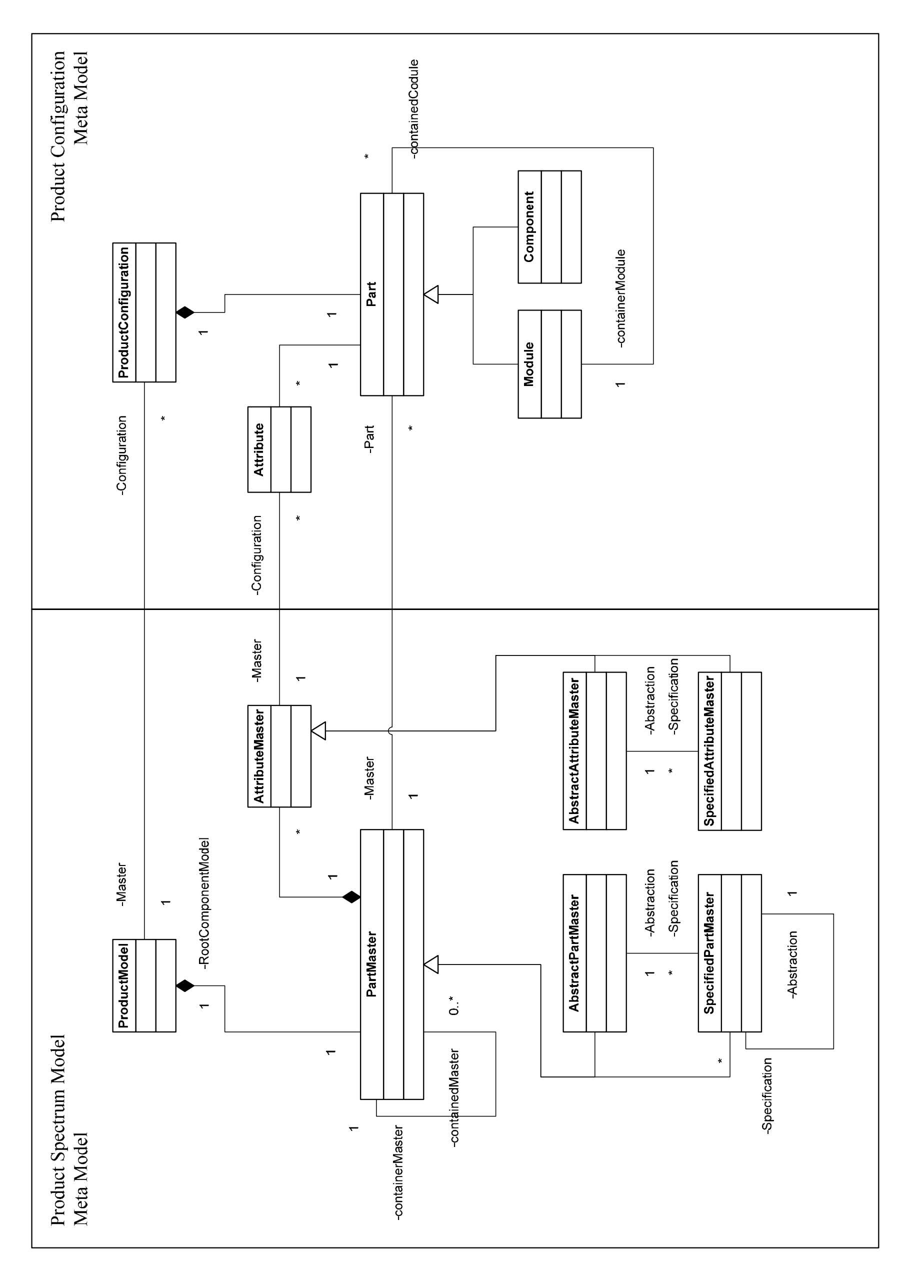


Abbildung 50: Mass Customization Produkt- und Konfigurationsmodell [JLMP03, 1027]

4.3.5 Multiagentenbasiertes Konzept zur Beherrschung von Variantenvielfalt in Mass Customization nach Blecker et al.

Ein Ansatz zur Steuerung der Variantenvielfalt in Mass Customization Wertschöpfungssystemen wird in [BAKF04] beschrieben. Unter Verwendung von Methoden der Agententechnologien wird ein Verhandlungsprozess sowie eine technische Architektur für dessen Unterstützung entwickelt (Abbildung 51). Die Erstellung erfolgte unter der Annahme, dass sich alle Produktvarianten mittels des Zusammenfügens von Modulen herstellen lassen. Die beschriebene Architektur besteht aus folgenden Basiselementen: Schnittstellen zu den Systemen mit den abgelegten Kundenpräferenzen, Schnittstellen zu den IT-Systemen des Zulieferers, Agenten für den Zugriff auf IT-Systeme („librarian agents"), Agenten zur Abstimmung der Bildung von Varianten („coordination agents") und einem Blackboard-System für die Kommunikation der Agenten [BAKF04, 10-12].

In Bezug auf die Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme gemäß Abschnitt 3.5 erfüllt der Ansatz von Blecker et al. die Festlegung von Akteurszuordnungen und die Erstellung von Produktspezifikationen. Dabei unterstellt der Ansatz ein einfaches Produktmodell mit Produkten aus Modulen. Der Informationsfluss zwischen den Akteuren des Modells erlaubt auch den Austausch von Produktspezifikationsdaten. Der Ansatz fokussiert den Verhandlungprozess innerhalb eines Wertschöpfungssystems, so dass vertragliche Regelungen zwischen den Akteuren vorausgesetzt werden können. Für die Errichtung und Auflösung von Wertschöpfungssystemen und die Durchführung operativer Wertschöpfungsschritte ist der Ansatz nicht geeignet. Ziel des Ansatzes ist vielmehr die Steuerung der Produktvarietät in einem Wertschöpfungssystem.

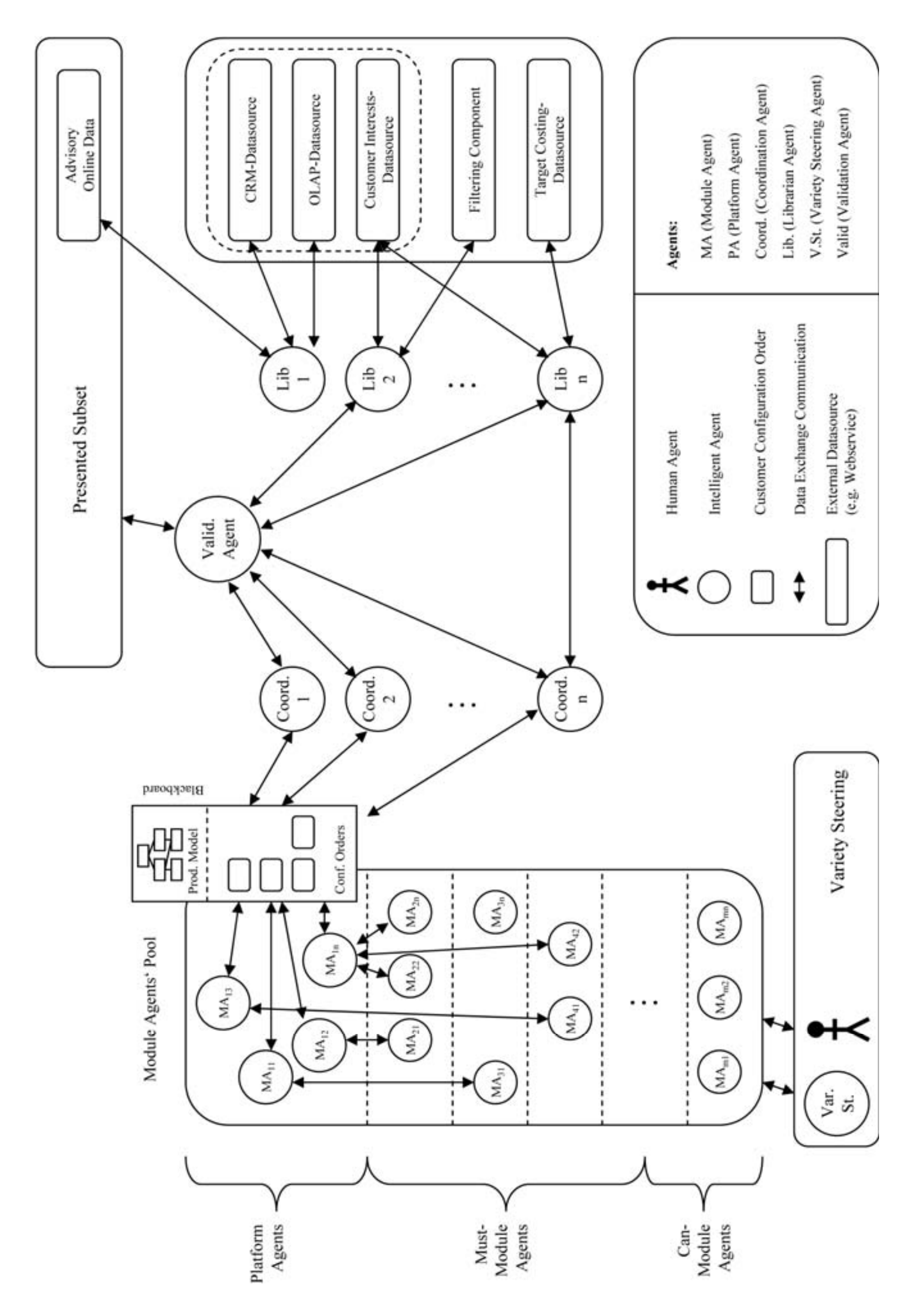


Abbildung 51: Multiagentenbasiertes Konzept zur Beherrschung von Variantenvielfalt in Mass Customization [BAKF04, 10]

4.4 Implikationen für den Architekturentwurf

Ausgehend von der theoriebasierten Analyse und der Bewertung der dargestellten Ansätze zur Entwicklung von Informationssystem-Architekturen lassen sich Implikationen für den nachfolgenden Architekturentwurf ableiten. Zentrale Merkmale sind hierbei:

- Wertschöpfungssysteme werden aus Akteuren, Transaktionen und Sachgütern gebildet,
- Bildung, Anpassung und Auflösung von Wertschöpfungssystemen müssen in Mass Customization Informationssystemen unterstützt werden (konstitutive Entscheidungen),
- Durchführung kundenindividueller Aufträge muss in Mass Customization Informationssystemen unterstützt werden (operationale Entscheidungen),
- Dependenzen zwischen konstitutiven und operationalen Entscheidungen müssen in Mass Customization Informationssystemen berücksichtigt werden, um die spezifischen Anforderungen einzelner Aufträge an die Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems abbilden zu können,
- Mehrstufigkeit von Wertschöpfungssystemen erfordert eine überbetriebliche Perspektive; dabei sind Akteure rechtlich und organisatorisch eigenständig und handeln autonom,
- die Rolle „MC-Koordinator" übernimmt die Koordination von Mass Customization Wertschöpfungssystemen, eine vollständige Zentralisierung ist jedoch nicht vorgesehen, so dass Mass Customization Informationssysteme den Austausch von Wertschöpfungsmodellen und Auftragsdaten unterstützen müssen.

Die Entwicklung der Anwendungsarchitektur orientiert sich daher an folgenden Merkmalen der ausgewerteten Ansätze zur Modellierung von Informationssystem-Architekturen:

- **Integrationsarchitekturen**: Obwohl die dargestellten Integrationsarchitekturen einen Fokus auf die intraorganisationale Integration aufweisen, lassen sich von den Ansätzen die Prinzipien zur Hierarchisierung und Klassifizierung von betrieblichen Funktionen übernehmen. Alle dargestellten Ansätze weisen Konzepte zur Strukturierung der in Unternehmen relevanten Aktivitäten auf. Diese können bei der Bildung von Mass Customization Wertschöpfungssystemen zur Ableitung der relevanten Wertschöpfungsleistungen verwendet werden.
- **Service-orientierte Architekturen**: Die Serviceorientierung bildet Unternehmen als Netzwerk von Diensten ab, die von anderen Unternehmen oder Organisationseinheiten angefordert werden können. Wertschöpfungssysteme bilden damit einen dynamischen Verbund von Wertschöpfungsleistungen und ermöglichen eine spezifische Anpassung für einzelne Kundenaufträge.
- **Konfigurierungsmethoden**: Die entwickelten Konfigurierungsmethoden lassen sich auf der Ebene des Produktes und des Wertschöpfungssystems verwenden. Zunächst

sind die dargestellten Methoden in der Lage, von allgemeingültigen Produktmodellen im Sinne eines Konfigurierungsproblems auf einzelne Produktspezifikationen zu schließen. Außerdem lassen sich die Methoden zur Bildung von Wertschöpfungssystemen einsetzen. Dabei besteht die Konfigurierungsaufgabe darin, ausgehend von einer Produktspezifikation das geeignete Wertschöpfungssystem zu bilden.

- **Elektronische Kataloge**: Mittels elektronischer Kataloge können Produkt- und Auftragsdaten verwaltet und ausgetauscht werden. Aus Sicht eines überbetrieblichen, mehrstufigen Mass Customization Wertschöpfungssystems können diese Ansätze dafür verwendet werden, Produktspezifikationen und die zugrunde liegenden Produktdatenmodelle an die relevanten Akteure zu übertragen. Verwendet werden können hierbei neben dem Datenmodell von Produktkatalogen auch die Methoden für deren Modifikation.

5 Entwicklung der Mass Customization Anwendungsarchitektur

5.1 Entwurfsentscheidungen

5.1.1 Verwendetes Modellierungsprinzip

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Metamodellierung als Instrument zur Beschreibung einer interorganisationalen Anwendungsarchitektur von Informationssystemen verwendet. Hierbei werden nicht die Ausprägungen eines einzelnen Informationssystems, sondern der mögliche Gestaltungsspielraum für dessen Ableitung spezifiziert. Ein vergleichbares Vorgehen findet sich z. B. in [BeHo98]. Der dargestellte Ansatz ermöglicht es, in einem verteilten Wertschöpfungssystem unternehmensspezifische Informationssysteme auf Basis eines gemeinsamen Metamodells zu erstellen. Damit wird eine Vereinheitlichung der enthaltenen Daten- und Prozessmodelle erreicht. Aufgrund des branchen- und produktübergreifenden Ansatzes der Wettbewerbsstrategie Mass Customization lassen sich zunächst nur mehrere branchen- oder produktbezogene Referenzmodelle für Informationssysteme (mit einem starken Bezug zum Anwendungsfall) erstellen. Der Anspruch der Anwendbarkeit für Mass Customization Konzeptionen im Allgemeinen ist damit nicht erfüllt. Metamodelle hingegen eignen sich für die Spezifikation von Informations- bzw. Anwendungssystemen in Form von Modellen. Sie sind zunächst kontext- und konzeptfrei, d. h. sie abstrahieren von der Semantik des Anwendungsfalls. In der Literatur finden sich Ansätze, die inhaltsbezogene Aspekte in das Metamodell übernehmen, um Mindestanforderungen hinsichtlich von Gemeinsamkeiten in den Systemen zu erreichen (vgl. Abschnitt 2.2.1.2.3). Damit enthält das Metamodell wiederum Gestaltungsempfehlungen bzw. -vorgaben, so dass das entwickelte Modell als *Referenzmetamodell* bezeichnet wird (vgl. [Rosm96]). Dabei besteht der metaisierende Charakter darin, dass eine Vereinheitlichung der verwendeten Modelle erreicht wird. Der Empfehlungscharakter von Referenzmodellen schließlich basiert auf der Erweiterung des Metamodells um inhaltsbezogene Aspekte. Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Informationssystemen erscheint der Einsatz von Referenzmodellen allein nicht ausreichend, da informationstechnologische Aspekte nicht unmittelbar, sondern nur indirekt über Modelltransformationen einbezogen werden (z. B. von Fachkonzeptebene auf DV-Konzept- bzw. Implementierungsebene).

Das verwendete Referenzmetamodell basiert im Wesentlichen auf dem Konzept des Klassendiagramms, eines Bestandteils der UML, die von der *Object Management Group* (OMG) entwickelt und standardisiert wurde [UML06]. Mit Klassendiagrammen lässt sich die Struktur von Modellen datenorientiert beschreiben. Als Modellierungselemente werden innerhalb von Klassendiagrammen folgende Elementtypen verwendet: Klassen und Beziehungen. Klassen werden als Rechtecke (Knoten) dargestellt und umfassen drei grafische Bereiche für den Bezeichner der Klasse (Klassenname), die Attribute (Eigenschaften) und die Methoden, mittels derer auf die Klasse zugegriffen werden kann. Beziehungen werden als Kanten visualisiert

(Abbildung 52). Die Beziehung zwischen Entitäten wird durch die Angabe der Leserichtung des Pfeils konkretisiert. Sowohl für Attribute als auch Methoden kann im Klassensymbol deren Sichtbarkeit angegeben werden. Die Sichtbarkeit bestimmt dabei, inwieweit Attribute und Methoden von anderen Klassen genutzt werden können. Das Zeichen „+“ verweist auf einen öffentlichen Zugriff, ein „-“ steht für privaten Zugriff. In dem dargestellten Fall lassen sich die Methoden der Klasse von anderen Klassen aufrufen. Die Daten können jedoch nur intern von der eigenen Klasse verwendet werden (Kapselung). Werden von Klassen Objekte abgeleitet, so spricht man von Instanziierung.

Klasse
Klassenname
-Attribute
+Methoden()

Assoziationen
Assoziation
Aggregation
Komposition
Generalisierung / Vererbung
Abhängigkeit

Kardinalitäten
Leserichtung
1 0..1 Optionale 1:1 Verbindung
1 * 1:n Assoziation
* * n:m Assoziation

Abbildung 52: Elemente des UML Klassendiagramms

Abbildung 53 zeigt ein beispielhaftes UML Klassendiagramm. Darin wird die generelle Klasse „Käufer“ in die zwei Unterklassen „Privatkunde“ und „Geschäftskunde“ spezialisiert (Spezialisierung als Gegenteil zur Generalisierung). Zwischen der Klasse „Kunde“ und „Stückgut“ besteht eine Assoziation, die besagt, dass ein Kunde beliebig vielen Stückgütern zugeordnet sein kann. Jedem Stückgut kann aufgrund der Einmaligkeit nur ein einziger Kunde als Käufer zugeordnet sein (1:n-Beziehung).

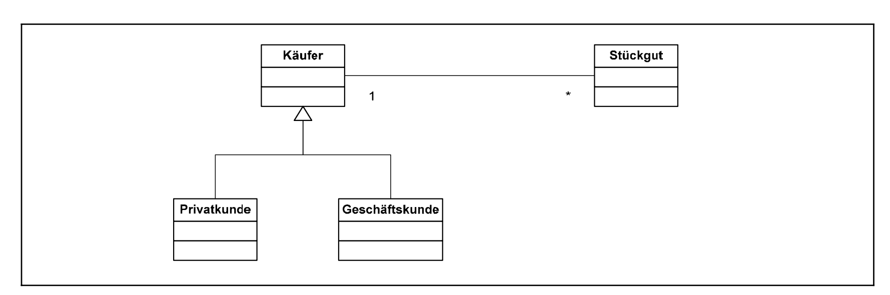


Abbildung 53: Beispiel für UML Klassendiagramm

Als Beziehungselemente werden die Assoziation, die Aggregation, die Komposition, die Generalisierung (bzw. Spezialisierung) und die Abhängigkeit unterschieden. Die Assoziation ist

ein Basisbeziehungstyp und beschreibt die Relation zwischen Klassen im Allgemeinen. Damit lassen sich syntaktische und semantische Verbindungen zwischen den Objekten einer Klasse darstellen [Oest98, 268]. Aggregation und Komposition sind spezialisierte Beziehungstypen. Stehen Klassen in einer Teil-Ganzes-Hierarchie, so werden Verbindungen zwischen den Klassen als Aggregation bezeichnet und modelliert [Oest98, 284]. Ist bei einer Aggregation die übergeordnete Klasse existenzabhängig von den untergeordneten Klassen, so spricht man von einer Komposition [Oest98, 186]. Um taxonomische Beziehungen zwischen Klassen darstellen zu können, sieht die UML den Beziehungstyp der Generalisierung (bzw. Spezialisierung) vor. Mittels dieses Konstruktes lassen sich Abstraktionsprinzipien anwenden und hierarchische Strukturierungen der Modellsemantik vornehmen [Oest98, 261]. So drückt die Generalisierung in UML-Diagrammen auch Vererbungsbeziehungen aus. Als Superklasse wird die jeweils übergeordnete Klasse bezeichnet. Subklassen leiten sich von Superklassen ab. Jede Superklasse kann dabei wiederum eine Subklasse anderer Klassen sein (Rekursion). Als Abhängigkeit schließlich wird eine Beziehung bezeichnet, die abhängige und unabhängige Modellelemente unterscheidet. Änderungen an unabhängigen Elementen wirken sich auf die abhängigen Elemente aus. Dies gilt sowohl für das Modellelement selbst als auch für eventuelle Instanzen einer Klasse [Oest98, 288]. Zur näheren Spezifizierung der Beziehung können unterschiedliche Beziehungstypen verwendet werden, die mittels Angabe von Kardinalitäten quantitative Anforderungen zwischen den jeweiligen Klassen beschreiben. In den nachfolgenden Darstellungen werden drei bekannte Kardinalitätsbeziehungen verwendet. Die „optionale 1:1 Verbindung“ sieht vor, dass eine Instanz einer Klasse *A* mit maximal einer Instanz der Klasse *B* verbunden sein kann, aber auch ohne Verbindung existieren kann (z. B. Kunde – Auftrag) . Eine „1:n Assoziation“ beschreibt den Zusammenhang zwischen einer Instanz der Klasse *A* und beliebig vielen Instanzen der Klasse *B* (z. B. Auftrag – Auftragspositionen). Mit einer „n:m Assoziation“ werden beliebig viele Instanzen der Klasse *A* mit beliebig vielen Instanzen der Klasse *B* verbunden (z. B. Auftrag – Produkt). Es gelten außerdem die Spezifikationen des UML-Standards für Klassendiagramme gemäß [UML06].

5.1.2 Umsetzung der funktionalen Architekturanforderungen

Die Anforderungen an ein MC-spezifisches Informationssystem bzw. dessen Grundlage im Sinne einer Anwendungsarchitektur wurden in einer Analyse mittels der Theorien der Neuen Institutionenökonomik ermittelt und in Kapitel 3.5 zusammenfassend dargestellt. Die in der theoretischen Analyse festgelegten Prämissen hinsichtlich selbständig wirkender Akteure, deren gegenseitigen Beeinflussung und der Existenz von Informationsasymmetrien müssen auch in dem Architekturmodell berücksichtigt werden. Globales Wissen wird ausgeschlossen. Eine wesentliche Annahme bei der Entwicklung von MC-spezifischen Informationssystemen ist daher ein dezentraler Gestaltungsansatz. Die sich daraus ergebenden inhaltlichen und technologischen Anforderungen auf die zu entwickelnde Architektur werden im Folgenden dargestellt und erläutert.

Unternehmen und Unternehmensnetzwerke können als eine Kopplung unterschiedlicher Dienste verstanden werden. Im Sinne von Funktionen stellen hierbei Akteure anderen Beteiligten betriebliche Funktionen zur Verfügung (Dienstanbieter), gleichzeitig nehmen sie wiederum Dienste in Anspruch (Dienstnachfrager). Es entsteht ein reziprokes Akteursverhältnis (vgl. Abschnitt 3.4.1.1.4). Für den Aufbau von Wertschöpfungssystemen auf Basis eines dienstorientierten Verständnisses müssen die Dienste und Interaktionen zwischen den beteiligten Akteuren spezifiziert werden. Aus einzelnen Diensten entsteht eine Architektur, die aus einer organisatorischen Sicht die betrieblichen Prozesse und aus einer technologischen Sicht die notwendigen systemtechnischen Integrationsbereiche spezifiziert. Dienst- bzw. service-orientierte Modelle[4] setzen aus konzeptioneller Sicht auf der Ebene des Prozessmanagements an. Organisationseinheiten kommunizieren und interagieren mit Einheiten der eigenen Organisation oder mit externen Organisationseinheiten des gemeinsamen Handlungsbereiches (Subsystem der Umwelt). Die inhaltliche Präzisierung dieser Zusammenarbeit findet mittels Modellierung von Geschäftsprozessen statt. Der Raum der potentiell verfügbaren Aktivitäten umfasst wertschöpfende und verwaltende Dienste. Bei einer Entflechtung der vorhandenen Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Organisationseinheiten und Akteuren entsteht daher das Verständnis, dass Prozesse aus der Bereitstellung und der Nutzung generischer Dienste (Services) zusammengesetzt sind. Die Kombination und Ausgestaltung der Sammlung von informationstechnischen Diensten (IT-Dienste), welche die betrieblichen Wertschöpfungsdienste repräsentieren, führt schließlich zum Aufbau einer service-orientierten Architektur. Eine Grundprämisse der vorliegenden Arbeit ist das dezentrale Akteursverständnis, das einerseits darauf beruht, dass in Wertschöpfungssystemen mehrere Unternehmen zusammenarbeiten, die rechtlich und organisatorisch unabhängig sind, und andererseits darauf, dass die Akteure eine oder mehrere Rollen übernehmen, denen Aufgaben zugrunde liegen, die wiederum autonom von den anderen Akteuren ausgeführt werden.

5.1.3 Vorgehen der Architekturentwicklung

Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme entwickelt. Im Sinne einer wissenschaftlichen Arbeit steht hierbei jedoch nicht die einzelfallspezifische Lösung im Vordergrund (z. B. Informationssystem für ein bestimmtes Mass Customization Wertschöpfungssystem), sondern ein Modell mit allgemeingültigem Charakter. Der Grad der Allgemeingültigkeit bestimmt sich hierbei durch die gewählte Abstraktionsebene. Ansatzpunkt der theoretischen Analyse sind die konstitutiven Merkmale der Wettbewerbsstrategie Mass Customization, von denen die IS-bezogenen Anforderungen abgeleitet wurden. Somit bezieht sich die zu entwickelnde Architektur auf Informationssysteme in Unternehmen, welche diese Wettbewerbsstrategie umsetzen. Nicht berücksichtigt werden damit die Produktentwicklung sowie die Produktentsorgung und der Kundendienst. Aufgrund der Einschränkung des Mass Customization Begriffs auf physische, d. h. materielle Güter

[4] Die Begriffe „Dienst“ und „Service“ werden im weiteren Verlauf synonym verwendet.

(„Produkte“) werden Anforderungen von immateriellen Gütern nicht explizit in die Architekturentwicklung einbezogen.

Nachfolgend wird das Vorgehen zur Entwicklung der Anwendungsarchitektur erläutert. Im Laufe der Erstellung von Informationssystemen werden auf Basis fachlicher und technischer Anforderungen Softwaresysteme erstellt. Modelle erlauben hierbei die konzeptionelle Repräsentation dieser Systeme. Aus diesem Grund fußt das Vorgehen dieser Arbeit auf dem generischen Architekturrahmen, der in Abschnitt 2.2.2.4 dargestellt wurde. Es stehen damit weniger Methoden der Softwareentwicklung als Konzepte zur Modellierung von Informations- bzw. Anwendungssystemen im Vordergrund. Der generische Architekturrahmen unterscheidet die zwei Modellierungsdimensionen: Modellebene und Modellsicht. Die Ausgestaltung beider Dimensionen ergibt sich aus dem Anwendungsfeld bzw. der Modellierungsaufgabe. Für die Bestimmung der Modellebenen, die jede einzeln betrachtet das Gesamtmodellsystem abbilden, wird eine Modellhierarchisierung herangezogen, mit der sich als Top-Down-Ansatz im Rahmen der Konkretisierung von dem abstrakten Gesamtmodell das zu entwickelnde Anwendungssystem ableiten lässt. Es werden drei Modellebenen unterschieden:

- **Ebene 1: Mass Customization Wertschöpfungssystem** (Wertschöpfungssystem als Operationalisierung der Wettbewerbsstrategie in Form einer Übersicht des ökonomischen Systems),
- **Ebene 2: Mass Customization Partialmodelle** (Detaillierung des Gesamtmodells eines Mass Customization Informationssystems mittels Bildung von Partialmodellen),
- **Ebene 3: Mass Customization IS-Clustermodell** (Zuordnung der Bestandteile bzw. der Partialmodelle des Mass Customization Informationssystems auf die Akteure des Wertschöpfungssystems).

Die erste Ebene repräsentiert auf einer fachlichen Ebene das Wertschöpfungssystem eines Mass Customization Anwendungsfalls. Es basiert im Wesentlichen auf dem in Abschnitt 3.2 dargestellten Modell. Zur Komplexitätsreduktion wird auf dieser Ebene das Wertschöpfungssystem zunächst in aggregierter Form modelliert. Auf der zweiten Ebene werden alle relevanten Bestandteile des Mass Customization Wertschöpfungssystems detailliert abgebildet. Dabei steht das Gesamtsystem aus einer überbetrieblichen Sicht im Vordergrund. Die Verfeinerung findet anhand einzelner Partialmodelle statt. Eine Unterteilung und Zuordnung der IS-Bestandteile auf die einzelnen Akteure findet schließlich auf der dritten Ebene statt. Das dort zu entwickelnde Mass Customization IS-Clustermodell leitet von der zweiten Ebene die für die Beteiligten des Wertschöpfungssystems anzubietenden und zu nutzenden IS-Teilsysteme ab. Die Festlegung der zu betrachtenden Sichten erfolgt unter Berücksichtigung der festgelegten Definition einer Anwendungsarchitektur. Diese beinhaltet die Struktur eines Informationssystems im Allgemeinen (Bestandteile und deren Beziehung untereinander) sowie die Daten des Anwendungssystems und die Methoden für deren Verarbeitung. Damit konzentriert sich die Architektur auf die beiden Sichten „Daten“ und „Prozesse“. Zwar adressiert die Architektur mit dem integrierten Akteursmodell auch organisatorische Aspekte des Wertschöpfungs-

systems. Da die vorliegende Arbeit keine neuen Gestaltungskonzepte für die Aufbauorganisationen entwickelt und der direkte Bezug zwischen IS-Anforderungen und der Aufbauorganisation nicht näher untersucht wird, wird auf eine explizite Modellierung der Organisationssicht verzichtet. Das Vorgehen ist in Abbildung 54 zusammenfassend dargestellt.

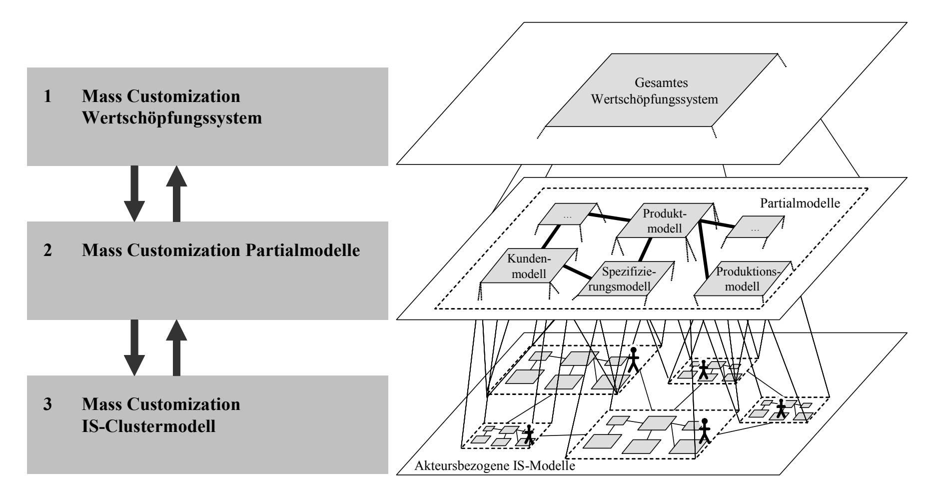


Abbildung 54: Zusammenfassung des Vorgehens bei der Architekturentwicklung

Auf Basis der Anforderungen wird zunächst das Mass Customization Wertschöpfungssystem modelliert (Ebene 1). Es bildet die Struktur des in Abschnitt 3.2 formulierten Wertschöpfungsmodells ab. Dieses Modell wird auf Ebene 2 in Form von Mass Customization Partialmodellen konkretisiert. Die in der Anwendungsarchitektur benötigten Informationen hinsichtlich der technologischen Merkmale des Mass Customization Informationssystems werden schließlich im IS-Clustermodell dokumentiert. Hierzu werden unter Verwendung der Partialmodelle die IS-Bedarfe der an der Wertschöpfung beteiligten Organisationen abgeleitet. Das IS-Clustermodell wird mittels mehrfacher Iterationen verfeinert, um die Vollständigkeit des Modells und der identifizierten Schnittstellen überprüfen zu können. Abschließend werden die erstellten IS-Cluster beschrieben, in denen die daten- und prozessbezogenen Bestandteile konkretisiert werden.

Da die Wettbewerbsstrategie Mass Customization einen breiten Anwendungsbereich hat, ist trotz der bisherigen Einschränkung eine Beschreibung der Modelle auf einer einheitlichen semantischen Ebene nicht möglich. So unterscheiden sich beispielsweise das Produktmodell und die Konfigurationsprozesse in Abhängigkeit von dem betrachteten Gut und von der gewählten Konfigurierungsmethode. Die Modellierung der Anwendungsarchitektur muss daher einen zusätzlichen Abstraktionsschritt vornehmen, so dass nicht der Inhalt eines Mass Customization Informationssystems, sondern dessen prinzipielle Struktur modelliert wird. Es wird

das Referenzmetamodell formuliert, das einen wesentlichen Bestandteil der Anwendungsarchitektur darstellt [Stra96, 17ff.; vgl. auch BeHo98, 486; FeSi98, 120].

Um sowohl die dynamischen als auch die statischen Aspekte der Anwendungsarchitektur in einem Modell (d. h. auf Basis eines Metamodells) darstellen zu können, werden die datenorientierten und die prozessorientierten Aspekte der Anwendungsarchitektur auf unterschiedlichen Metaisierungsebenen dargestellt. Bezogen auf die Anwendungsarchitektur als Objektsystem (*M0*-Ebene) werden Daten als *M1*-Repräsentation (im Sinne des sprachbasierten Metamodellbegriffs) und Prozesse als *M2*-Repräsentation (im Sinne des prozessbasierten Metamodellbegriffs) modelliert. Damit können beide Aspekte bzw. Sichten innerhalb eines Modells berücksichtigt werden.

Zusammenfassend lässt sich das gewählte Vorgehen wie folgt erläutern: Die in der Theorieanalyse ermittelten Anforderungen werden zunächst in Modelle überführt und anhand des definierten Metamodells spezifiziert. Es werden keine einzelfallspezifischen Informationssysteme, sondern ein übergreifendes, Mass Customization bezogenes Modell erstellt. Um die Anwendungsarchitektur als Gestaltungsvorschlag einer überbetrieblichen IS-Infrastruktur erstellen zu können, ist eine Ableitung der Informationssysteme notwendig, die von den einzelnen Akteuren des Wertschöpfungssystems verantwortet werden. Dies wird mittels der IS-Clusterung vorgenommen, die auf Basis der Partialmodelle des Metamodells durchgeführt wird. Als Ergebnis werden die bereitzustellenden Funktionen der Informationssysteme aller Akteure dokumentiert. Darauf aufbauend wird schließlich die Anwendungsarchitektur entwickelt und dargestellt.

5.2 Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme

5.2.1 Architekturebene 1: Mass Customization Wertschöpfungssystem (Gesamt-Referenzmetamodell)

Das in Abschnitt 3.2 eingeführte Modell eines Wertschöpfungsmodells für Mass Customization wird im weiteren Verlauf beibehalten. Als Akteursmodell beschreibt es die stufenartige Zusammenarbeit zwischen den an der Wertschöpfung beteiligten Akteuren. Für die Entwicklung der Anwendungsarchitektur fehlen der Darstellungsform allerdings wesentliche Konzepte. So ist das Produkt noch nicht expliziter Bestandteil des Modells. Folglich können auch die Beziehungen zwischen Akteur und Produkt nicht beschrieben werden. Dies ist jedoch notwendig, da die ermittelten Informationssystemanforderungen nicht isoliert von einem Anwendungsbereich umgesetzt werden können, sondern sich auf die informationstechnologische Unterstützung von Mass Customization Wertschöpfungssystemen beziehen. Die bisher nicht berücksichtigten Begriffe werden daher in diesem Abschnitt in das Modell aufgenommen. Auf Basis des vereinbarten Begriffs sind in Abbildung 55 die wesentlichen Bestandteile eines Wertschöpfungsmodells dargestellt.

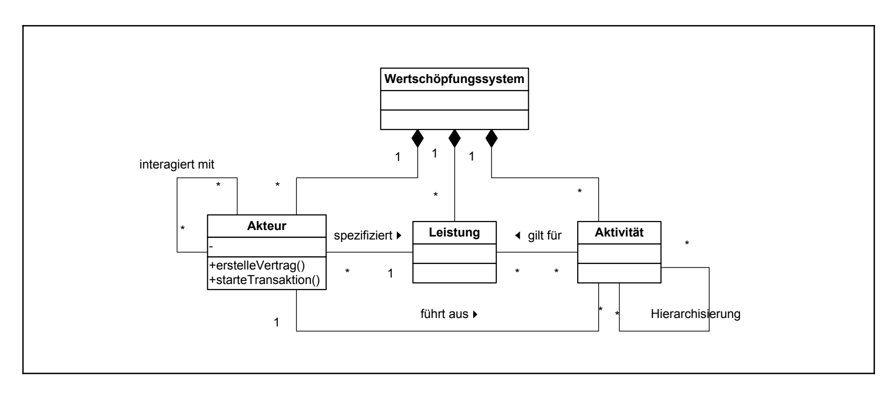


Abbildung 55: Klassendiagramm des Wertschöpfungssystems

Angenommen, die unternehmerische Erstellung von Gütern findet arbeitsteilig statt, so wird die dafür notwendige organisatorische Einheit als Wertschöpfungssystem bezeichnet. Ein Wertschöpfungssystem setzt sich kompositiv aus Akteuren, Aktivitäten und einer Leistung zusammen, die von den Akteuren mit der Durchführung der Aktivitäten erbracht wird. Akteure können miteinander interagieren und führen Aktivitäten aus. Eine Aktivität repräsentiert eine betriebliche Funktion, die zum Erreichen der Leistungserbringung notwendig ist. Aktivitäten können zeitlich und sachlogisch in Abhängigkeit zueinander und in hierarchischer Anordnung stehen. Mehrstufigkeit wird im Modell dadurch abgebildet, dass sowohl Akteure als auch Aktivitäten in sich hierarchisch verknüpft sein können. Zum Mass Customization Wertschöpfungssystem wird das Modell durch die explizite Formulierung, dass die Leistung von einem Akteur vorgenommen wird. Diese Annahme bedingt, dass die Kunden als Akteure und damit als Teil des Wertschöpfungssystems in die Betrachtung aufgenommen werden. Dies ist eine Anforderung, die sich bereits aus dem Konzept der Kundenintegration ergibt (vgl. Abschnitt 2.1.2.2.1).

Im Folgenden werden die einzelnen Klassen des Modells beschrieben. Anschließend können die daten- und prozessorientierten Partialmodelle abgeleitet bzw. konkretisiert werden.

5.2.1.1 Akteure

Akteure führen innerhalb des Wertschöpfungssystems Aktivitäten zur Leistungserbringung durch. Ein Akteur nimmt dabei mindestens eine der verfügbaren Rollen ein und hat eine Menge von Fähigkeiten. Um Aktivitäten übernehmen zu können, müssen die Fähigkeiten des Akteurs die Anforderungen der Rolle erfüllen. Gemäß dem Grundmodell aus Abschnitt 3.2 werden folgende Rollen unterschieden, die von Akteuren angenommen werden können:

- **Kunde:** Beauftragt und spezifiziert die Leistungserbringung,
- **Spezifizierungsintermediär:** Unterstützt die Leistungsspezifikation,
- **MC-Koordinator:** Bietet Leistungserbringung am Markt an und koordiniert das Wertschöpfungssystem,
- **Produzent:** Übernimmt die physische Leistungserbringung,
- **Zulieferer:** Wirkt an der Produktion mit und liefert Leistungsbestandteile.

Die Akteure stehen untereinander in Beziehung. In Abbildung 56 sind die Detaillierung der Klasse „Akteur“ und die Beziehungen der einzelnen Objekte dargestellt. Im weiteren Verlauf werden anhand des festgelegten Beschreibungsrasters die Merkmale der einzelnen Unterklassen erläutert. Da Akteure die den Aktivitäten zugeordneten Funktionen aufrufen können, sind in Klassen der jeweiligen Akteure Methoden zum Aufruf der Wertschöpfungsaktivitäten enthalten (z. B. *CallErstelleProzmod* zum Aufruf der Methode *ErstelleProzmod*, die in Aktivität „Leistungsbereitstellung“ enthalten ist, vgl. Abschnitt 5.2.1.3).

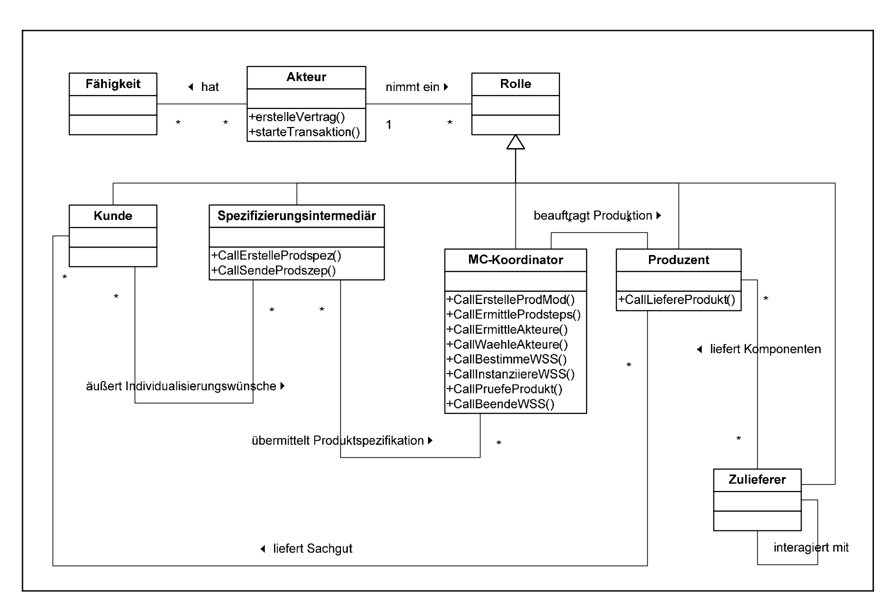


Abbildung 56: Detaillierung der Klasse „Akteur“

5.2.1.1.1 Kunde

Der Kunde ist der Auftraggeber einer Leistungserbringung. Der Begriff Kunde wird hierbei im Sinne eines Kunden von Endprodukten (Endkunde) bezeichnet. Die Beschreibung der Klasse „Kunde“ ist in Tabelle 15 dargestellt.

Klassenname	Kunde
Beziehungen	▪ von Klasse „Rolle“: Spezialisierung ▪ zur Klasse „Spezifizierungsintermediär“: interagiert mit (Ermittlung von Individualisierungsinformationen, Durchführung einer Konfigurierung) ▪ von Klasse „Produzent“: interagiert mit (erhält die Lieferung des Sachgutes)

Tabelle 15: Beziehungsmerkmale der Klasse „Kunde“

5.2.1.1.2 Spezifizierungsintermediär

Der Spezifizierungsintermediär (SI) unterstützt die Spezifizierung der Leistung, die vom Kunden individualisiert wird. Er agiert zwischen Kunde und MC-Koordinator. Die Beschreibung der Klasse „Spezifizierungsintermediär“ ist in Tabelle 16 dargestellt.

Klassenname	Spezifizierungsintermediär
Beziehungen	▪ von Klasse „Rolle“: Spezialisierung ▪ zur Klasse „Kunde“: interagiert mit (äußert Individualisierungswünsche, übernimmt Konfigurationsunterstützung, Erstellung eines Produktspezifikation) ▪ zur Klasse „MC-Koordinator“: interagiert mit (übermittelt Aufträge in Form von Produktspezifikationen an den MC-Koordinator)

Tabelle 16: Beziehungsmerkmale der Klasse „Spezifizierungsintermediär“

5.2.1.1.3 MC-Koordinator

Der MC-Koordinator stellt ein Leistungspotential bereit und ist organisatorisch und rechtlich für das Leistungsangebot verantwortlich. Die Rolle „MC-Koordinator“ setzt nicht die Durchführung der physischen Fertigung der Leistung voraus, sondern die Leistungsentwicklung und die Abstimmung innerhalb des Wertschöpfungssystems. Die Beschreibung der Klasse „MC-Koordinator“ ist in Tabelle 17 dargestellt.

Klassenname	MC-Koordinator
Beziehungen	▪ von Klasse „Rolle“: Spezialisierung ▪ von Klasse „Spezifizierungsintermediär“: interagiert mit (erhält Aufträge in Form von Produktspezifikationen) ▪ zur Klasse „Produzent“: interagiert mit (beauftragt Produktion)

Tabelle 17: Beziehungsmerkmale der Klasse „MC-Koordinator“

5.2.1.1.4 Produzent

Der Produzent übernimmt die physische Herstellung der Leistung des Wertschöpfungssystems. Er wird von dem MC-Koordinator beauftragt das Produktionsnetzwerk (bestehend aus Produzent und Zulieferer) zu koordinieren. Die Beschreibung der Klasse „Produzent“ ist in Tabelle 18 dargestellt.

Klassenname	Produzent
Beziehungen	▪ von Klasse „Rolle“: Spezialisierung ▪ von Klasse „MC-Koordinator“: interagiert mit (erhält Aufträge von dem MC-Koordinator) ▪ zur Klasse Zulieferer“: interagiert mit (vergibt Zulieferaufträge) ▪ zur Klasse „Kunde“: interagiert mit (liefert Sachgut)

Tabelle 18: Beziehungsmerkmale der Klasse „Produzent“

5.2.1.1.5 Zulieferer

Zulieferer bringen Leistungsbestandteile, die nicht vom Produzenten hergestellt werden, in das Wertschöpfungssystem ein. Je nach Fertigungstiefe des Produzenten stellen Zulieferer standardisierte oder kundenindividuelle Leistungsbestandteile zu. Die Beschreibung der Klasse „Zulieferer“ ist in Tabelle 19 dargestellt.

Klassenname	Zulieferer
Beziehungen	▪ von Klasse „Rolle“: Spezialisierung ▪ zur Klasse „Produzent“: interagiert mit (liefert Leistungsbestandteile wie z. B. Komponenten) ▪ zur Klasse „Zulieferer“: interagiert mit (liefert Leistungsbestandteile wie z. B. Komponenten)

Tabelle 19: Beziehungsmerkmale der Klasse „Zulieferer“

5.2.1.2 Leistung

Aufgrund der vorgenommenen Einschränkung der Betrachtung auf physische Güter besteht die Leistungserbringung in der Herstellung eines Produktes. Das Produkt besteht aus Bestandteilen, die in hierarchischer Beziehung zueinander stehen, und basiert auf einem Produktmodell, das die Produktbestandteile modellhaft abbildet. Ein Auftrag, der die Basis des Kaufprozesses darstellt, entsteht kompositiv aus einer Konfiguration und der Zuordnung zu einem Produktmodell. Die Konfiguration enthält die Parameter zur Spezifikation des herzustellenden Produktes. Der Aufbau der Klasse „Leistung“ ist in Abbildung 57 dargestellt. Im weiteren Verlauf werden wiederum anhand des festgelegten Beschreibungsrasters die Merkmale der einzelnen Unterklassen erläutert.

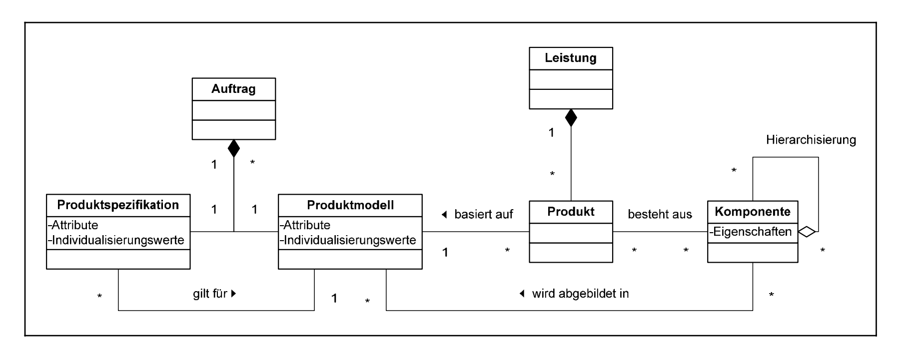


Abbildung 57: Detaillierung der Klasse „Leistung“

5.2.1.2.1 Produkt

Ein Produkt ist ein physisches Gut und ist zugleich Gegenstand der Verkaufsbeziehung zwischen Kunde und MC-Koordinator. Ein Produkt besteht aus einzelnen Komponenten, die in hierarchischer Zuordnung zueinander stehen. Produkte weisen einen integralen Charakter auf, falls die Komponenten nach der Fertigung untrennbar zusammengefügt wurden. Modulare

Produkte hingegen besitzen Schnittstellen, die auch nachträglich eine Veränderung des Endproduktes zulassen. Die Beschreibung der Klasse „Produkt“ ist in Tabelle 20 dargestellt.

Klassenname	Produkt
Beziehungen	▪ von Klasse „Leistung“: kompositive Unterklasse ▪ zur Klasse „Produktmodell“: basiert auf ▪ zur Klasse „Komponente“: besteht aus

Tabelle 20: Beziehungsmerkmale der Klasse „Produkt“

5.2.1.2.2 Komponente

Eine Komponente ist ein einzelner, abgrenzbarer Bestandteil des Produkts. Die Möglichkeit zur Bestimmung einzelner Bestandteile hängt dabei von der gewählten Produktarchitektur ab (vgl. 2.2.3). Jede Komponente weist Merkmale auf, die im Rahmen der Spezifizierung von dem Spezifizierungsintermediär für einen konkreten Kundenauftrag festgelegt werden. Komponenten stehen hierbei in Abhängigkeit zu anderen Komponenten. Außerdem lassen sich Komponenten in Pflicht- und Wahlkomponenten untergliedern. Pflichtkomponenten müssen gewählt werden, bei Wahlkomponenten kann entweder auf die Komponente komplett verzichtet werden oder es besteht eine Auswahl zwischen mehreren Alternativen. Die Beschreibung der Klasse „Komponente“ ist in Tabelle 21 dargestellt. Darin enthalten sind die Informationen über die Komponenten, also die verfügbaren Attribute (z. B. Farbe, Abmessungen, Material etc.) und die jeweils möglichen Individualisierungswerte (z. B. „grün“ und „rot“ für Attribut „Farbe“). Eine Komponente ist Pflichtbestandteil, wenn ihre Einbindung in eine Produktspezifikation obligatorisch ist. Auf Wahlkomponenten kann hingegen bei einem entsprechenden Wunsch des Kunden verzichtet werden.

Klassenname	Komponente
Beziehungen	▪ von Klasse „Produkt“: ist Teil von bzw. besteht aus ▪ zur Klasse „Komponente“: hierarchische Zusammensetzung ▪ zur Klasse „Produktmodell“: wird abgebildet in

Tabelle 21: Beziehungsmerkmale der Klasse „Komponente“

5.2.1.2.3 Produktmodell

Das Produktmodell beschreibt die zueinander in konjunktiver, disjunktiver oder implikativer Beziehung stehenden Komponenten sowie deren Eigenschaften und die Funktionen der Bedarfserfüllung. Die Beschreibung der Klasse „Produktmodell“ ist in Tabelle 22 dargestellt.

Klassenname	Produktmodell
Beziehungen	▪ von Klasse „Produkt“: ist Basis für ▪ zur Klasse „Auftrag“: kompositive Unterklasse ▪ zur Klasse „Produktspezifikation“: gibt Geltungsbereich vor

Tabelle 22: Beziehungsmerkmale der Klasse „Produktmodell“

5.2.1.2.4 Produktspezifikation

Eine Produktspezifikation ist das Ergebnis des Vorgangs zur Ermittlung von Kundenwünschen und enthält eine Produktkonfiguration mit den notwendigen Informationen für die Produktindividualisierung. Die Beschreibung der Klasse „Produktspezifikation“ ist in Tabelle 23 dargestellt.

Klassenname	Produktspezifikation
Beziehungen	▪ von Klasse „Auftrag“: kompositive Unterklasse ▪ zur Klasse „Produktmodell“: gilt für

Tabelle 23: Beziehungsmerkmale der Klasse „Produktspezifikation“

5.2.1.2.5 Auftrag

Als Auftrag wird die Kombination aus einem Produktmodell und einer Produktspezifikation bezeichnet. Der Auftrag ist Auslöser der Wertschöpfungsleistung und wird vom Kunden initiiert. Die Beschreibung der Klasse „Auftrag“ ist in Tabelle 24 dargestellt.

Klassenname	Auftrag
Beziehungen	▪ zur Klasse „Produktspezifikation“: wird kompositiv gebildet aus ▪ zur Klasse „Produktmodell“: wird kompositiv gebildet aus

Tabelle 24: Beziehungsmerkmale der Klasse „Auftrag“

5.2.1.3 Aktivitäten

Die Aktivitäten, die innerhalb des Wertschöpfungssystems zur Erfüllung der Leistungserstellung beitragen, bilden die dritte zu beschreibende Klasse des formalisierten Wertschöpfungsmodells. Eine Aktivität setzt sich kompositiv aus einer Menge von Prozessen zusammen, die hierarchisch zueinander Teilprozesse bilden. Prozesse stellen Anforderungen, die im Rahmen einer Zuordnung zu Akteuren (vgl. Abbildung 55) erfüllt werden müssen. Die Klasse „Aktivi-

tät“ umfasst sieben Unterklassen als Spezialisierungen: Produktentwicklung, Leistungsbereitstellung, Spezifizierung, Auftragsabwicklung, Produktion, Distribution, Kundenservice (Abbildung 58). Aufgrund der vereinbarten Einschränkung im Rahmen dieser Arbeit werden Produktentwicklung und Kundenservice nicht weiter betrachtet. Die Ableitung der spezialisierten Klassen erfolgt auf Basis des idealisierten MC-Referenzablaufs (vgl. Abschnitt 2.1.2.2.3). Nachfolgend werden die Merkmale der Unterklassen erläutert, sofern diese neu eingeführt werden und bisher nicht beschrieben wurden.

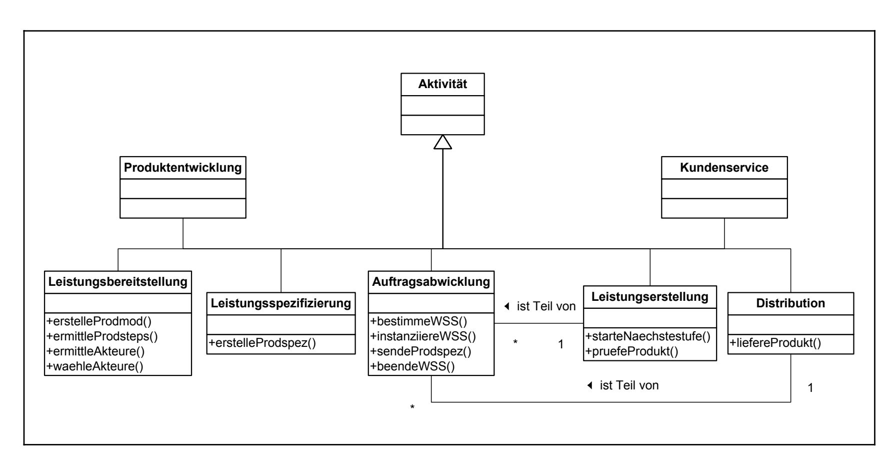


Abbildung 58: Detaillierung der Klasse „Aktivität“

5.2.1.3.1 Produktentwicklung

In der Produktentwicklung wird das Leistungsangebot in Form von individualisierbaren Gütern geplant und erstellt. Dies umfasst sowohl die Basismerkmale des Produktes (standardisiert) als auch die Optionen zur kundenbezogenen Anpassung (individualisierbare Eigenschaften). Die Beschreibung der Klasse „Produktentwicklung“, die das als Datenmodell metaisierte Prozessmodell der Produktentwicklung enthält, ist in Tabelle 25 dargestellt.

Klassenname	Produktentwicklung
Beziehungen	▪ von Klasse „Aktivität“: Spezialisierung

Tabelle 25: Beziehungsmerkmale der Klasse „Produktentwicklung“

5.2.1.3.2 Leistungsbereitstellung

In der Leistungsbereitstellung werden Maßnahmen zur Kontaktaufnahme mit Kunden und Vorbereitungen für den Verkaufsvorgang durchgeführt. Die Beschreibung der Klasse „Leis-

tungsbereitstellung“, die das als Datenmodell metaisierte Prozessmodell der Leistungsbereitstellung enthält, ist in Tabelle 26 dargestellt.

Klassenname	Leistungsbereitstellung
Beziehungen	▪ von Klasse „Aktivität“: Spezialisierung

Tabelle 26: Beziehungsmerkmale der Klasse „Leistungsbereitstellung“

5.2.1.3.3 Leistungsspezifizierung

Die Leistungsspezifizierung umfasst die Leistungsvereinbarung (Ermittlung der Individualisierungswünsche des Kunden) und die Initiierung des Verkaufsprozesses. Als Ergebnis der Leistungsspezifizierung liegt ein Auftrag (vgl. 5.2.1.2.5) sowie eine gültige Produktspezifikation vor (vgl. 5.2.1.2.4). Die Beschreibung der Klasse „Leistungsspezifizierung“, die das als Datenmodell metaisierte Prozessmodell der Produktspezifizierung enthält, ist in Tabelle 27 dargestellt.

Klassenname	Leistungsspezifizierung
Beziehungen	▪ von Klasse „Aktivität“: Spezialisierung

Tabelle 27: Beziehungsmerkmale der Klasse „Leistungsspezifizierung“

5.2.1.3.4 Auftragsabwicklung

Innerhalb der Auftragsabwicklung wird die Erfüllung des Kundenauftrags koordiniert. Dies umfasst insbesondere die spezialisierten Klassen „Leistungserstellung“ (vgl. 5.2.1.3.5) und „Distribution“ (vgl. 5.2.1.3.6). Außerdem werden betriebswirtschaftliche Aktivitäten durchgeführt, die zur Abwicklung des Auftrags notwendig sind. Die Beschreibung der Klasse „Auftragsabwicklung“, die das als Datenmodell metaisierte Prozessmodell der Auftragsabwicklung enthält, ist in Tabelle 28 dargestellt.

Klassenname	Auftragsabwicklung
Beziehungen	▪ von Klasse „Aktivität“: Spezialisierung ▪ von Klasse „Leistungserstellung“: ist Teil von ▪ von Klasse „Distribution“: ist Teil von

Tabelle 28: Beziehungsmerkmale der Klasse „Auftragsabwicklung“

5.2.1.3.5 Leistungserstellung

Die Leistungserstellung umfasst die physische Herstellung der Leistung, d. h. des Produktes. Das beinhaltet fertigungsbezogene Aktivitäten wie auch Beschaffungsvorgänge zum Erwerb von Produktbestandteilen. Die Beschreibung der Klasse „Leistungserstellung“, die das als Datenmodell metaisierte Prozessmodell der Leistungserstellung enthält, ist in Tabelle 29 dargestellt.

Klassenname	Leistungserstellung
Beziehungen	▪ von Klasse „Aktivität“: Spezialisierung ▪ zur Klasse „Auftragsabwicklung“: ist Teil von

Tabelle 29: Beziehungsmerkmale der Klasse „Leistungserstellung“

5.2.1.3.6 Distribution

Innerhalb der Distribution wird das kundenindividuelle Endprodukt ausgeliefert. Die Zuordnung, an welchen Akteur das Produkt zunächst geliefert wird, ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall. Die Beschreibung der Klasse „Distribution“, die das als Datenmodell metaisierte Prozessmodell der Distribution enthält, ist in Tabelle 30 dargestellt.

Klassenname	Distribution
Beziehungen	▪ von Klasse „Aktivität“: Spezialisierung ▪ zur Klasse „Auftragsabwicklung“: ist Teil von

Tabelle 30: Beziehungsmerkmale der Klasse „Distribution“

5.2.1.4 Zusammenfassung

Die Detaillierung des formalisierten Wertschöpfungssystems wurde anhand der Klassen „Akteur“, „Leistung“ und „Aktivität“ vorgenommen. Durch Integration der verfeinerten Klassen kann das Gesamtmodell der ersten Architekturebene erstellt werden. Dies umfasst auch Beziehungen zwischen Klassen, die aufgrund der getrennten Modellverfeinerung in den vorangegangenen Abschnitten nicht visualisiert werden konnten. Die formalisierte Darstellung des Gesamt-Referenzmetamodells des Mass Customization Wertschöpfungssystems der ersten Architekturebene kann Abbildung 59 entnommen werden. Zur Verdeutlichung der Zusammensetzung des Gesamtmodells aus den drei beschriebenen Klassen („Akteur“, „Leistung“ und „Aktivität“) wurde eine farbliche Gestaltung vorgenommen, die eine Unterscheidung der Unterklassen in Abhängigkeit von der Zuordnung zur übergeordneten Klasse zulässt. Die Farbwahl ist innerhalb der Legende innerhalb des Bildes dokumentiert.

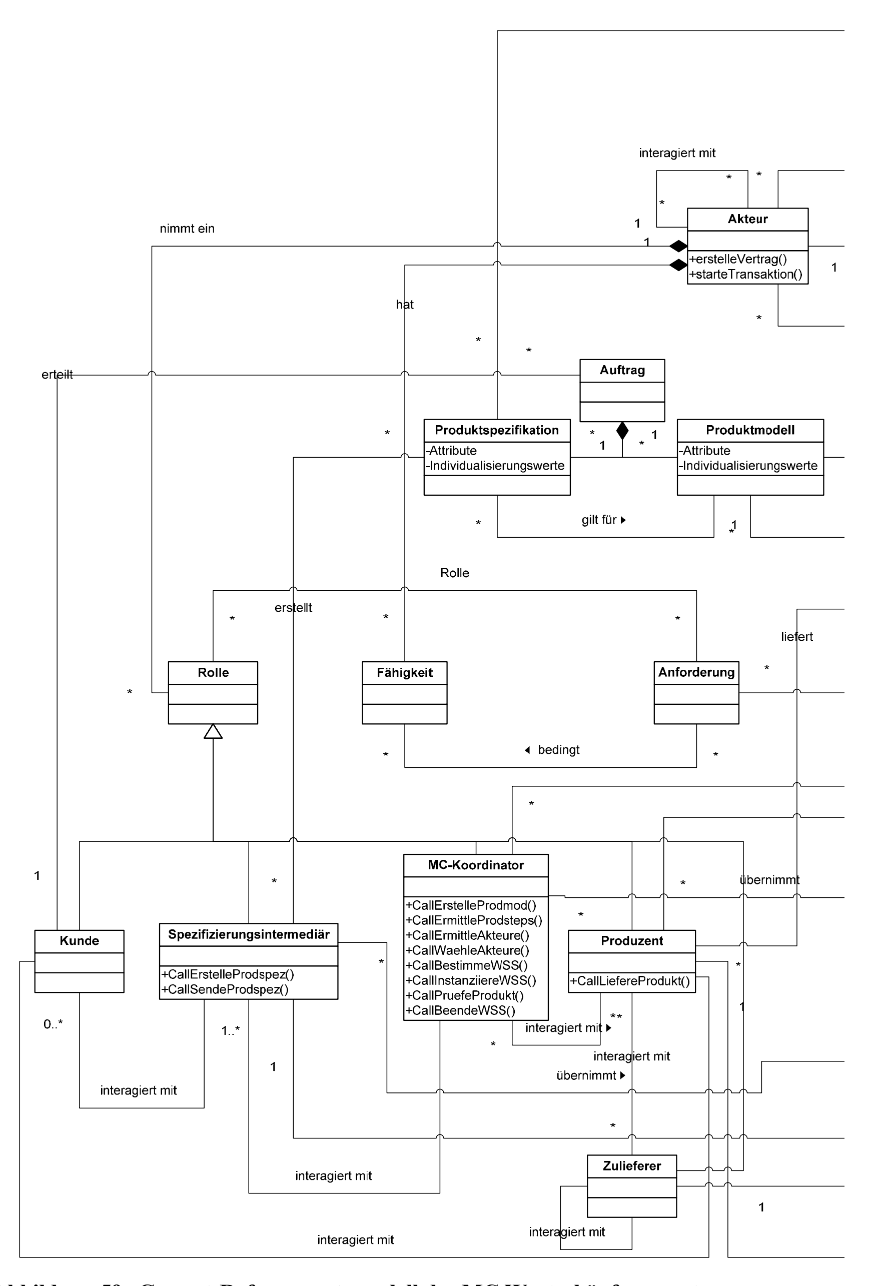
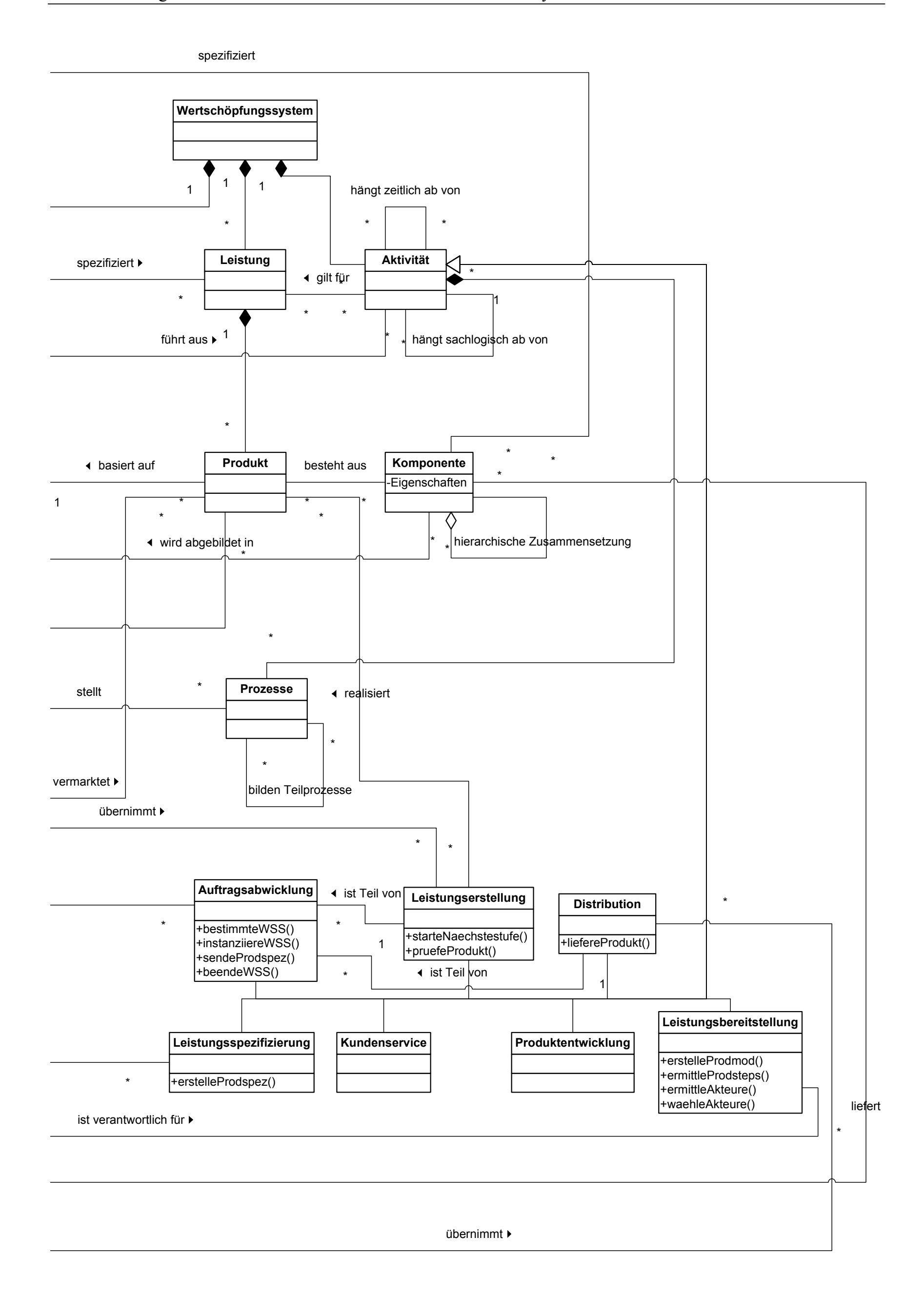


Abbildung 59: Gesamt-Referenzmetamodell des MC Wertschöpfungssystems


spezifiziert
Wertschöpfungssystem
hängt zeitlich ab von
spezifiziert
Leistung
gilt für
Aktivität
führt aus
hängt sachlogisch ab von
basiert auf
Produkt
besteht aus
Komponente
-Eigenschaften
wird abgebildet in
hierarchische Zusammensetzung
stellt
Prozesse
realisiert
vermarktet
bilden Teilprozesse
übernimmt
Auftragsabwicklung
+bestimmteWSS()
+instanziiereWSS()
+sendeProdspez()
+beendeWSS()
ist Teil von
Leistungserstellung
+starteNaechstestufe()
+pruefeProdukt()
Distribution
+liefereProdukt()
ist Teil von
Leistungsspezifizierung
+erstelleProdspez()
Kundenservice
Produktentwicklung
Leistungsbereitstellung
+erstelleProdmod()
+ermittleProdsteps()
+ermittleAkteure()
+waehleAkteure()
ist verantwortlich für
liefert
übernimmt

Neben der expliziten Formulierung der Beziehungen in den Klassen „Akteur“, „Leistung“ und „Aktivität“, ergeben sich bei der detaillierten Darstellung des Gesamt-Referenzmetamodells weitere Zuordnungen. Diese sind in Tabelle 31 aufgeführt. Aufgrund einer zum Teil geringen Detaillierungsstufe für die Bestandteile des Wertschöpfungssystems werden in den nachfolgenden Abschnitten die Partial-Referenzmetamodelle spezifiziert.

Abgehende Klasse	Assoziation	Eingehende Klasse
Kunde	*erteilt*	Auftrag
Spezifizierungsintermediär	*erstellt*	Produktspezifikation
Spezifizierungsintermediär	*übernimmt*	Leistungsspezifizierung
Spezifizierungsintermediär	*ist verantwortlich für*	Leistungsbereitstellung
MC-Koordinator	*übernimmt*	Auftragsabwicklung
MC-Koordinator	*vermarktet*	Produkt
Produzent	*übernimmt*	Leistungserstellung
Produzent	*übernimmt*	Distribution
Produktion	*realisiert*	Produkt
Zulieferer	*liefert*	Bestandteil
Produktspezifikation	*spezifiziert*	Bestandteil

Tabelle 31: Zusätzliche Assoziationen im Gesamtmodell der ersten Architekturebene

5.2.2 Architekturebene 2: Mass Customization Partialmodelle (Partial-Referenzmetamodelle)

Das Gesamtmodell der ersten Ebene wird im Folgenden durch Partial-Referenzmetamodelle weiter konkretisiert (vgl. Abschnitt 5.1.1). Dies wird für alle Klassen des Gesamtmodells durchgeführt, die aufgrund der Modellabstraktion auf der ersten Architekturebene zunächst lediglich grob spezifiziert wurden (z. B. Produktion etc.), innerhalb der Anwendungsarchitektur aber eine strukturgebende Rolle spielen. In den folgenden Abschnitten werden diese Klassen als Partial-Referenzmetamodelle spezifiziert und anhand des bekannten Schemas erläutert.

5.2.2.1 Kundenmodell

Das Kundenmodell ist ein datenorientiertes Modell. Es enthält die Stammdaten eines einzelnen Kunden. Dabei müssen einerseits die Produkte übergreifenden Daten strukturiert werden und andererseits auch die bereits vorhandenen Individualisierungsparameter sowie historische Daten zum Aufbau langfristiger Kundenbeziehung und zur Pflege des Produktprogramms

abgelegt werden. Ein Kunde hat außerdem Präferenzen, die sich in Form von Neigungen zu bestimmten Produkten oder Produktausprägungen konkretisieren. Bedürfnisse schließlich drücken Bedarfssituationen des Kunden aus. Sie bestehen darin, dass der Kunde die Notwendigkeit sieht, bestimmte Produkte zur Befriedigung der Bedürfnisse zu erwerben. In Abbildung 60 ist die Detaillierung der Klasse „Kunde“ als Kundenmodell und die Beziehungen der einzelnen Objekte untereinander dargestellt. Nachfolgend werden die Merkmale der einzelnen Unterklassen anhand des bekannten Beschreibungsschemas erläutert.

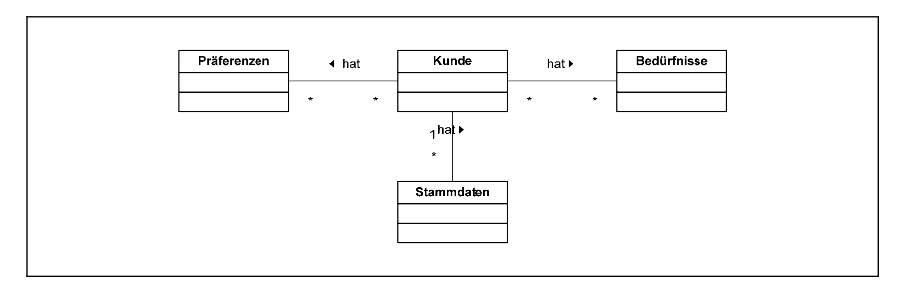


Abbildung 60: Kundenmodell

5.2.2.1.1 Stammdaten

Zu den Stammdaten gehören persönliche Informationen über Kunden, die für die Konfigurierung, die Auftragsabwicklung und den Aufbau langfristiger Kundenbeziehungen notwendig sind. Dies umfasst damit sowohl personen- als auch produktbezogene Informationen. Die Stammdaten werden benötigt, um ein Produkt dem Kunden zuzuordnen und den Auftrag abwickeln zu können. Die Beschreibung der Klasse „Stammdaten“ ist in Tabelle 32 dargestellt.

Klassenname	Stammdaten
Beziehungen	▪ von Klasse „Kunde“: *hat*

Tabelle 32: Beziehungsmerkmale der Klasse „Stammdaten“

5.2.2.1.2 Bedürfnisse

Bedürfnisse sind Initiatoren für den Erwerb von Produkten. Innerhalb dieser Klasse werden die der Motivation der Kunden zum Erwerb der Produkte zugrunde liegenden Faktoren abgelegt. Die Beschreibung der Klasse „Bedürfnisse“ ist in Tabelle 33 dargestellt.

Klassenname	Bedürfnisse
Beziehungen	▪ von Klasse „Kunde“: *hat*

Tabelle 33: Beziehungsmerkmale der Klasse „Bedürfnisse“

5.2.2.1.3 Präferenzen

Als Präferenzen werden vordefinierte Ausprägungen von Produkten oder Leistungsbestandteilen bezeichnet, die für einen einzelnen Kunden aus vergangenen Verkaufsprozessen und für Kundengruppen aus Marktforschungsergebnissen vorliegen. Die Beschreibung der Klasse „Präferenzen“ ist in Tabelle 34 dargestellt.

Klassenname	Präferenzen
Beziehungen	▪ von Klasse „Kunde“: *hat*

Tabelle 34: Beziehungsmerkmale der Klasse „Präferenzen“

5.2.2.2 Produktmodell

Das Produktmodell wurde bereits auf der ersten Architekturebene eingeführt. Im Rahmen der weiteren Spezifikation wird eine Detaillierung vorgenommen. Das Produktmodell, das in Abbildung 61 dargestellt ist, basiert demnach auf der Klasse „Leistung“ (vgl. 5.2.1.2) und dem bereits spezifizierten Produktmodell (vgl. 5.2.1.2.3). Die möglichen Individualisierungsoptionen müssen bereits zu Beginn des Leistungsangebotes spezifiziert sein. Die Informationen für Forschung und Entwicklung können historischen Daten, Kundeninformationen und der Marktforschung entnommen werden. Damit das Produkt „konfigurierbar“ wird, ist ein Produktmodell notwendig, das Produktbestandteile, Individualisierungsparameter und Konfigurationsrestriktionen umfasst.

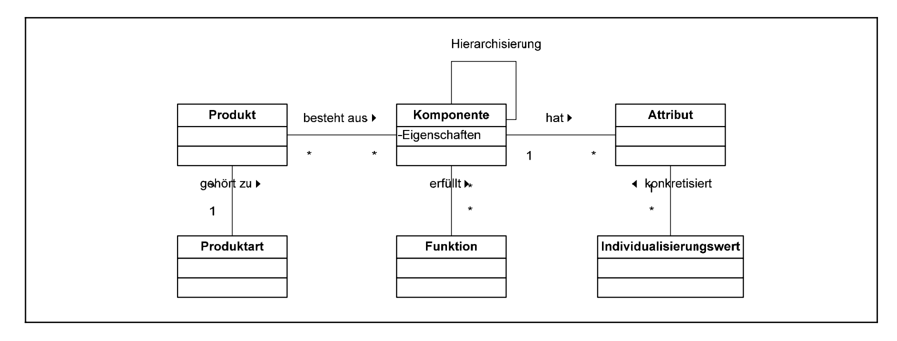


Abbildung 61: Produktmodell

5.2.2.2.1 Komponente

Als Komponenten werden die Bestandteile der Leistung bezeichnet, die innerhalb des Wertschöpfungssystems erbracht werden. Sie stellen die physisch kleinste Betrachtungseinheit des Produktes dar. Die Klasse „Komponente“ wurde in Abschnitt 5.2.1.2.2 bereits eingeführt. Im Rahmen der Verfeinerung auf der zweiten Architekturebene ergeben sich die in Tabelle 35 dargestellten Beziehungen zu den weiteren Klassen des Produktmodells.

Klassenname	Komponente
Beziehungen	▪ von Klasse „Produkt“: *besteht aus* ▪ zur Klasse „Komponente“: *bildet Komponentenhierarchien* ▪ zur Klasse „Funktion“: *erfüllt* ▪ zur Klasse „Attribut“: *hat*

Tabelle 35: Beziehungsmerkmale der Klasse „Komponente“

5.2.2.2.2 Produktart

Zur Klassifikation unterschiedlicher Leistungen werden Produkte bestimmten Produktarten zugeordnet. Damit können unterschiedliche Produkte eines Wertschöpfungssystems voneinander abgegrenzt und Produkte unterschiedlicher Wertschöpfungssysteme zusammengefasst bzw. verglichen werden. Bei der Bestimmung der Produktart kann auf vorhandene Klassifikationssysteme zurückgegriffen werden (vgl. Abschnitt 4.2.2.6). Die Beschreibung der Klasse „Produktart“ ist in Tabelle 36 dargestellt.

Klassenname	Produktart
Beziehungen	▪ von Klasse „Produkt“: *gehört zu*

Tabelle 36: Beziehungsmerkmale der Klasse „Produktart“

5.2.2.2.3 Funktion

Komponenten stellen innerhalb des Gesamtproduktes einen Leistungsanteil bereit. Damit erfüllen sie bestimmte Funktionen, die für das Produkt intern notwendig sind oder zur Bedürfnisbefriedigung des Kunden beitragen. Die Beschreibung der Klasse „Funktion“ ist in Tabelle 37 dargestellt.

Klassenname	Funktion
Beziehungen	▪ von Klasse „Komponente“: *erfüllt*

Tabelle 37: Beziehungsmerkmale der Klasse „Funktion“

5.2.2.2.4 Attribut

Attribute sind Merkmale von Komponenten. Die Festlegung von Attributen konkretisiert die Individualisierbarkeit des Gesamtprodukts. Zu möglichen Attributen gehören beispielsweise: Leistungsmerkmale, Ausstattungsmerkmale, Materialmerkmale, Gestaltungsmerkmale etc. Die Beschreibung der Klasse „Attribut“ ist in Tabelle 38 dargestellt.

Klassenname	Attribut
Beziehungen	▪ von Klasse „Komponente“: *hat* ▪ von Klasse „Individualisierungswert“: *konkretisiert*

Tabelle 38: Beziehungsmerkmale der Klasse „Attribut“

5.2.2.2.5 Individualisierungswert

Mit einem Individualisierungswert wird die Ausgestaltung eines Attributs festgelegt. Damit werden Produktmerkmale so beschrieben, dass sie für die Erstellung von Produktspezifikation und die Durchführung der Produktherstellung verwendet werden können. Die Beschreibung der Klasse „Individualisierungswert“ ist in Tabelle 39 dargestellt.

Klassenname	Individualisierungswert
Beziehungen	▪ zur Klasse „Attribut“: *konkretisiert*

Tabelle 39: Beziehungsmerkmale der Klasse „Individualisierungswert“

5.2.2.3 Spezifizierungsmodell

Während das Produktmodell die statische Zusammensetzung des individualisierbaren Produktes beschreibt, spezifiziert das Spezifizierungsmodell dynamische Aspekte der Auftragsabwicklung. Das *Spezifizierungsmodell* enthält daher die Vorschriften, wie auf Basis des Produktmodells kundenspezifische Produktspezifikationen erstellt werden können (Abbildung 62). Das Ergebnis dieses Vorgangs wird Produktspezifikation genannt. Dafür verwendbare Konfigurierungsmethoden, die innerhalb des Spezifizierungsmodells operationalisiert werden, wurden bereits dargestellt. Das Spezifizierungsmodell muss hierbei folgende Informationen enthalten:

- Vorgabe der Reihenfolge bei der Bestimmung der Individualisierungsparameter,
- Abhängigkeiten der Individualisierungsparameter,
- Bezug der Individualisierungsparameter zu den Produktbestandteilen.

Spezifizierungsmodelle können je nach Komplexitätsgrad in Form von Prozessmodellen (z. B. Folge von Einzelschritten zur Spezifizierung eines Auftrags) oder mittels formaler Definitionen auf Basis des verwendeten Lösungskonzeptes abgebildet werden (z. B. regelbasiertes System).

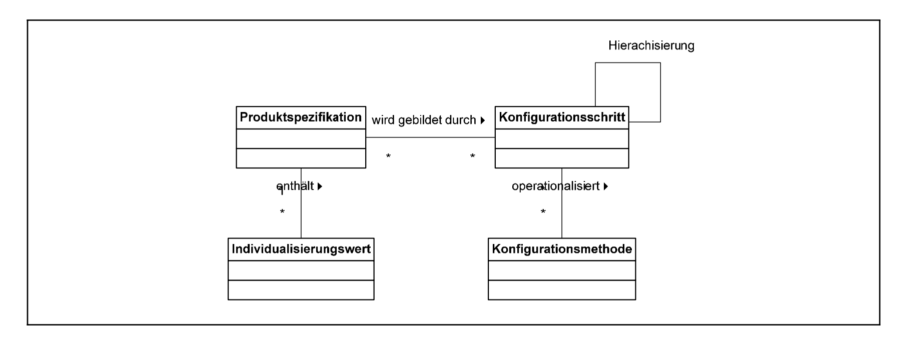


Abbildung 62: Spezifizierungsmodell

5.2.2.3.1 Konfigurationsschritt

In der Klasse „Konfigurationsschritt“ wird der Ablauf der Konfigurierung spezifiziert, die im Ergebnis eine Produktkonfiguration ermittelt. Die einzelnen Konfigurationsschritte werden in Abhängigkeit von der zugrunde liegenden Konfigurationsmethode festgelegt. Die Beschrei-

bung der Klasse „Konfigurationsschritt“, die das als Datenmodell metaisierte Prozessmodell der durchzuführenden Konfigurationsschritte enthält, ist in Tabelle 40 dargestellt.

Klassenname	Konfigurationsschritt
Beziehungen	▪ von Klasse „Produktspezifikation“: *wird gebildet durch* ▪ zur Klasse „Konfigurationsmethode“: *operationalisiert*

Tabelle 40: Beziehungsmerkmale der Klasse „Konfigurationsschritt“

5.2.2.3.2 Konfigurationsmethode

Für die Ermittlung von Produktkonfigurationen (Konkretisierung eines individualisierbaren Produktes für einen Auftrag) existieren unterschiedliche Methoden (vgl. Abschnitt 4.2.1). Innerhalb eines Mass Customization Wertschöpfungsmodells muss in Abhängigkeit von dem jeweiligen Produkt ein geeignetes Konfigurierungsverfahren ausgewählt und durch einzelne Konfigurationsschritte operationalisiert werden. Die Beschreibung der Klasse „Konfigurationsmethode“ ist in Tabelle 41 dargestellt.

Klassenname	Konfigurationsmethode
Beziehungen	▪ von Klasse „Konfigurationsschritt“: *operationalisiert*

Tabelle 41: Beziehungsmerkmale der Klasse „Konfigurationsmethode“

5.2.2.4 Auftragsabwicklungsmodell

Das *Auftragsabwicklungsmodell* bildet alle Wertschöpfungsleistungen ab, die zur Koordination des Kundenauftrags benötigt werden. Aufgrund der angenommenen Parallelität von Auftragsabwicklung zur Abfolge von Produktion und Distribution werden diese Aktivitäten als Spezialisierung der Auftragsabwicklung modelliert. Diese hierarchische Einteilung ist disjunkt, jedoch nicht total, da innerhalb der Auftragsabwicklung auch Prozesse durchgeführt werden, die weder zur Produktion noch zur Distribution gehören (z. B. Auftragsannahme). Das Auftragsabwicklungsmodell ist in Abbildung 63 dargestellt. Nachfolgend werden die einzelnen Klassen spezifiziert. Auf die Beschreibung der Klassen „Aktivität“ und „Akteur“ wird hierbei verzichtet, da diese bereits in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben wurden.

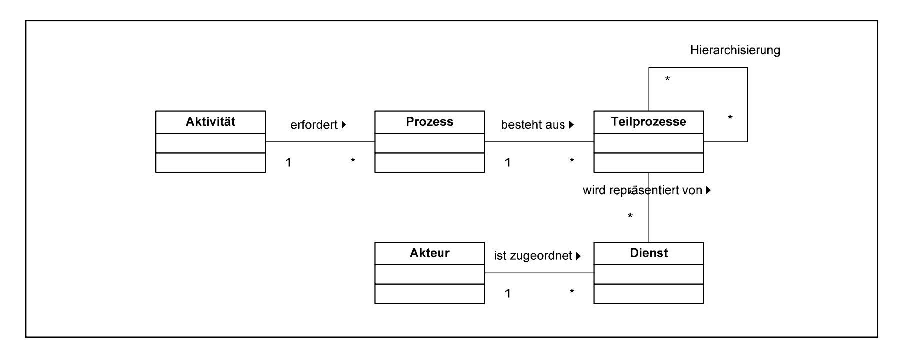


Abbildung 63: Auftragsabwicklungsmodell

5.2.2.4.1 Prozess

Die Klasse „Prozess“ erweitert die grobgranulare Analyse der Wertschöpfungsaktivitäten. Als Prozess werden abgrenzbare Abläufe der Auftragsabwicklung bzw. des gesamten Wertschöpfungssystems bezeichnet. Aufgrund der vorgenommenen Abgrenzung zur Leistungserstellung bzw. Produktion zählen zu den Auftragsabwicklungsprozessen keine produktionsbezogenen Abläufe. Die Beschreibung der Klasse „Prozess“, die das als Datenmodell metaisierte Modell eines generischen Prozesses enthält, ist in Tabelle 42 dargestellt.

Klassenname	Prozess
Beziehungen	▪ von Klasse „Aktivität“: *erfordert* ▪ zur Klasse „Teilprozess“: *besteht aus*

Tabelle 42: Beziehungsmerkmale der Klasse „Prozess“

5.2.2.4.2 Teilprozess

Teilprozesse detaillieren den Prozess der Auftragsabwicklung. Mit der Hierarchisierung können Abhängigkeiten in sachlogischer und zeitlicher Hinsicht ausgedrückt werden. Nachfolgende Teilprozessschritte setzen die vorgelagerten Prozesse voraus. Die Beschreibung der Klasse „Prozess“, die einer Verfeinerung des Prozessmodells entspricht, ist in Tabelle 43 dargestellt.

Klassenname	Teilprozess
Beziehungen	▪ von Klasse „Prozess“: *besteht aus* ▪ zur Klasse „Teilprozess“: *Hierarchisierung* ▪ zur Klasse „Dienst“: *wird repräsentiert von*

Tabelle 43: Beziehungsmerkmale der Klasse „Teilprozess“

5.2.2.4.3 Dienst

Als Dienste werden Leistungen und Teilleistungen von Unternehmen bezeichnet, die anderen Wertschöpfungspartnern zur Realisierung der gesamten Wertschöpfungsleistung angeboten und von diesen nachgefragt werden. Dienste sind Akteuren zugeordnet, die bestimmte Voraussetzungen bzw. Kompetenzen für die Erbringung des Dienstes aufweisen müssen. Die Beschreibung der Klasse „Prozess“ ist in Tabelle 44 dargestellt.

Klassenname	Dienst
Beziehungen	▪ von Klasse „Dienst“: *wird repräsentiert von* ▪ zur Klasse „Akteur“: *ist zugeordnet*

Tabelle 44: Beziehungsmerkmale der Klasse „Dienst“

5.2.2.5 Produktionsmodell

Das *Produktionsmodell* beschreibt den physischen Herstellungsprozess, da die vorliegende Arbeit materielle Güter in den Mittelpunkt der Betrachtung rückt und damit immaterielle Güter wie z. B. Dienstleistungen oder digitale Güter unberücksichtigt bleiben. Somit wird im weiteren Verlauf die allgemein als Leistungserstellung bezeichnete Aktivität als *Produktion* bezeichnet. Dieses Modell enthält daher den Ausschnitt des Wertschöpfungsprozesses, welcher der operativen Fertigung des Produktes entspricht (Abbildung 64). Im Sinne einer Prozessmodellierung wird deren Ablauf spezifiziert und damit beschrieben, in welcher Art und Weise Produktbestandteile gefertigt werden und in welchen Abhängigkeiten (z. B. zeitlich oder logisch) bestimmte Komponenten zueinander stehen. Berücksichtigt werden muss hierbei die Unterscheidung zwischen zugelieferten (also fremdbezogenen) und selbstgefertigten Komponenten. Zwischen Produkt-, Konfigurierungs- und Produktionsmodell besteht eine direkte Verbindung, da das Konfigurierungsmodell die Spezifikation und das Produktionsmodell die Fertigung des Produktes beschreiben. Notwendige Bestandteile des Produktionsmodells sind daher:

- Eigen- oder Fremdbezug von Komponenten,
- Reihenfolge und Abhängigkeiten der Fertigungsschritte,
- Bezug der Produktionsschritte zu den Produktbestandteilen.

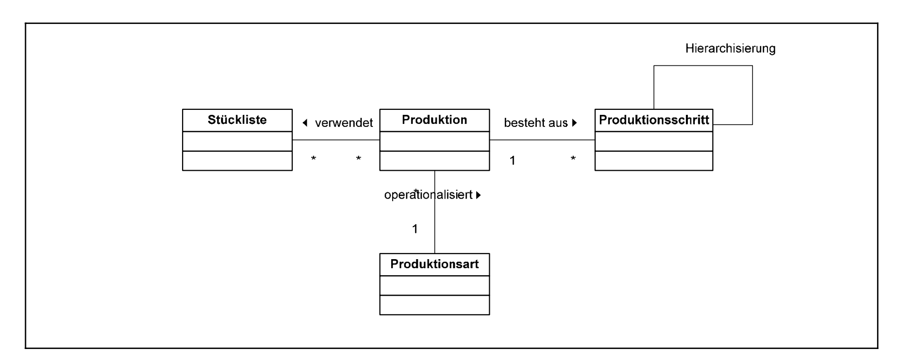


Abbildung 64: Produktionsmodell

5.2.2.5.1 Produktionsschritt

Die Produktionsschritte legen fest, aus welchen Fertigungsabschnitten die Produktion besteht. Die Hierarchisierung der Produktionsschritte erlaubt zudem die Spezifikation von Abhängigkeiten zwischen einzelnen Abschnitten (z. B. sachlogisch oder zeitlich). Die Beschreibung der Klasse „Produktionsschritt", die das als Datenmodell metaisierte Prozessmodell der Produktionsschritte enthält, ist in Tabelle 45 dargestellt.

Klassenname	Produktionsschritt
Beziehungen	▪ von Klasse „Produktion": *besteht aus* ▪ zur Klasse „Produktionsschritt": *Hierarchisierung*

Tabelle 45: Beziehungsmerkmale der Klasse „Produktionsschritt"

5.2.2.5.2 Produktionsart

Trotz der Einschränkung der vorliegenden Arbeit auf materielle, d. h. physische Produkte kann nicht von einer grundsätzlich einheitlichen Fertigung ausgegangen werden. Aufgrund dieser Unterschiede in Abhängigkeit von dem jeweiligen Produkt, das von dem Wertschöpfungssystem hergestellt wird, können mittels der Festlegung einer bestimmten Produktionsart unterschiedliche Mass Customization Anwendungsfälle vereinheitlicht werden. Die Beschreibung der Klasse „Produktionsschritt" ist in Tabelle 46 dargestellt.

Klassenname	Produktionsart
Beziehungen	▪ von Klasse „Produktion“: *operationalisiert*

Tabelle 46: Beziehungsmerkmale der Klasse „Produktionsart“

5.2.2.6 Zusammenfassung

Die Partial-Referenzmetamodelle der zweiten Architekturebene detaillieren das Gesamtmodell des Wertschöpfungssystems der ersten Ebene. Dabei werden nur diejenigen Klassen in eigenständigen Klassenmodellen beschrieben, die aufgrund ihres komplexen Aufbaus mittels Spezifikation, Generalisierung oder Komposition für die Einbindung in die Architektur näher beschrieben werden müssen. Mit dem bisherigen Stand Architekturentwicklung konnten folgende Ergebnisse erlangt werden. Zum Ersten werden auf der zweiten Ebene die zum Teil unspezifischen Klassen der ersten Architekturebene konkretisiert und damit spezifisch für Mass Customization modelliert. Zweitens sind in Abgleich mit den Anforderungen an Mass Customization Informationssysteme wesentliche Merkmale von Mass Customization in das Referenzmetamodell integriert und werden somit als Basis für zukünftige Informationssysteme bereitgestellt. Schließlich können von den Modellen und deren Verknüpfungen folgende explizite Beziehungen abgeleitet werden:

- Beteiligung der Akteure an Produktionsschritten,
- Zuordnung von Produktionsschritten zu Produktbestandteilen,
- Zuordnung von Diensten zu Produktionsschritten,
- Beziehung zwischen Konfigurationsschritt und Produktbestandteil,
- Verantwortung der Akteure von Produktbestandteilen,
- Beteiligung der Akteure an Konfigurationsschritten.

5.2.3 Architekturebene 3: Mass Customization IS-Clustermodell

Auf der dritten Ebene der Architekturentwicklung werden die Partial-Referenzmetamodelle (vgl. Abschnitt 5.1.1) den Akteuren des Wertschöpfungssystems zugeordnet. Damit lassen sich Zusammenhänge zwischen den Daten- und Prozessmodellen sowie den Akteuren spezifizieren. Hierbei können zwei Zugriffsrollen unterschieden werden:

- **Modellbesitzer** legen Daten- und Prozessmodelle auf Basis der Referenzmetamodelle fest und stellen sie den Akteuren des Wertschöpfungsmodells ganz oder partiell zur Verfügung,
- **Modellnutzer** greifen auf vorhandene Daten- und Prozessmodelle zu und haben entweder Voll- oder Partialzugriff.

Unter der Annahme eines verteilten mehrstufigen Wertschöpfungssystems (dezentraler Ansatz ohne globale Steuerung, sondern mit akteursbezogener Autonomie) stellen die Modellbesitzer den Modellnutzern Modelle für den Zugriff und für die Verwendung im Rahmen der Leistungserstellung zur Verfügung. Für die weiteren Darstellungen wird davon ausgegangen, dass innerhalb des Mass Customization Wertschöpfungsmodells jeder Akteur ein technisches Informationssystem zur Zusammenarbeit bereitstellt. Dabei bleiben interne Bestandteile des Informationssystems (z. B. für das Personalmanagement) unberücksichtigt. Außerdem wird angenommen, dass jeweils nur von einem System die Interaktion mit anderen Akteuren initiiert wird.

In den folgenden Abschnitten wird die Aufteilung der Informationssystembestandteile auf die einzelnen Akteure beschrieben. Zunächst wird eine Informationssysteminfrastruktur auf Basis des Akteursmodells erstellt. In weiteren Schritten wird das Modell iterativ verfeinert. Abschluss der Modellentwicklung auf dieser dritten Ebene ist die ausführliche Darstellung der Zuordnungen zwischen den Informationssystembestandteilen und den bereitstellenden bzw. nutzenden Akteuren des Wertschöpfungsmodells.

5.2.3.1 IS-Clustermodell auf Basis des Akteursmodells

Das IS-Clustermodell beschreibt auf der dritten Architekturebene die Zuordnung der für Informationssysteme relevanten Bestandteile (vgl. Abschnitte 5.2.1 und 5.2.2) zu den Akteuren des Wertschöpfungssystems. Da die Verteilung der Akteure mit deren systembezogener Autonomie angenommen wird, arbeiten die Unternehmen hierbei nicht an einem einzigen, gemeinsamen Informations- bzw. Anwendungssystem. Jeder Akteur entwickelt und betreibt eigene Systeme, die aufgrund des zugrunde gelegten Referenzmetamodells jeweils kompatible IS-Bestandteile enthalten. Für die Ableitung des IS-Clustermodells wird zunächst das im Theorieteil entworfene Grundmodell eines Mass Customization Wertschöpfungssystems verwendet (vgl. Abschnitt 3.2). Jedem Akteur wird hierbei ein Informationssystem zugeordnet, das mit IS_x bezeichnet wird, wobei x den jeweils betrachteten Akteur spezifiziert. Es ergeben sich somit folgende Einzelinformationssysteme (Tabelle 47):

Bezeichnung	**Informationssystem des Akteurs**
IS_{MCK}	MC-Koordinator
IS_{SI}	Spezifizierungsintermediär

IS_P	Produzent
IS_{Z1}	Zulieferer 1 der 1. Stufe
IS_{Z2}	Zulieferer 2 der 1. Stufe
$IS_{Z'}$	Zulieferer der 2. Stufe (bezogen auf Zulieferer Z2)
$IS_{Z''}$	Zulieferer der 3. Stufe (bezogen auf Zulieferer Z2)

Tabelle 47: Akteurszugeordnete Informationssysteme

In Abbildung 65 ist die Projektion des Wertschöpfungsmodells auf die Ebene der Informationssysteme dargestellt.

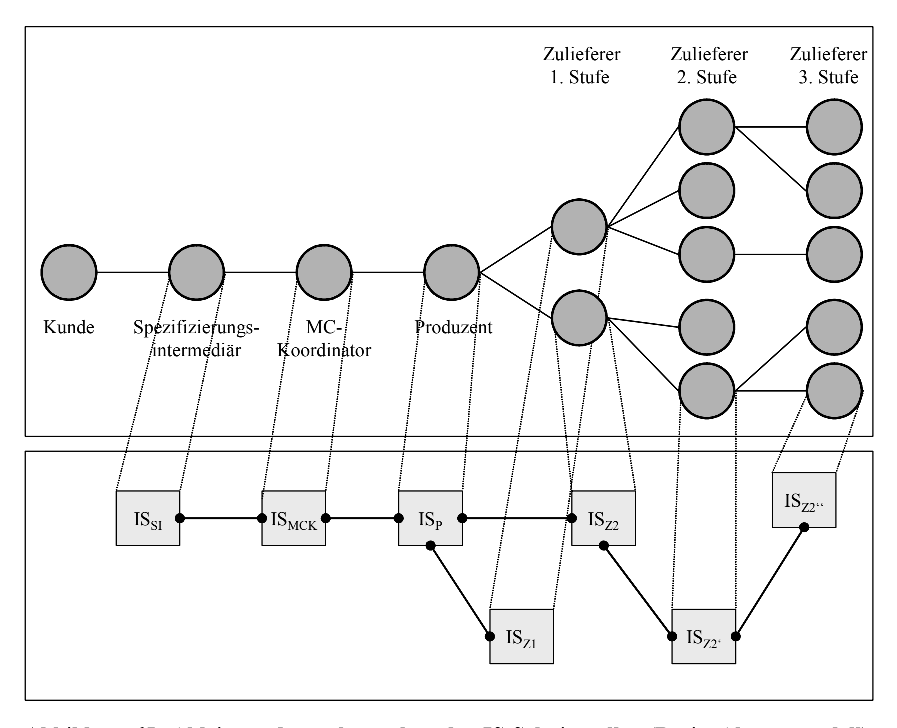


Abbildung 65: Ableitung der zu betrachtenden IS-Schnittstellen (Basis: Akteursmodell)

Dem Akteur „Kunde" wird kein eigenständiges Informationssystem zugeordnet, da dieser über den Spezifizierungsintermediär in das Wertschöpfungssystem eingebunden wird und keine eigenen Informationssysteme bereitstellt. Die den Zulieferern auf der zweiten und dritten Ebene zugeordneten Informationssysteme sind in der Tabelle nur allgemein genannt. Je nach Anzahl der Akteure im Produktionssystem und dessen Struktur sind weitere Informationssysteme aufzunehmen. Die Kanten zwischen den Informationssystemen, die als Schnitt-

stellen zwischen Einzelsystemen zu beurteilen sind, ergeben sich aus den Interaktionsbeziehungen des Wertschöpfungsmodells.

5.2.3.2 Modellüberprüfung und iterative Verfeinerung

Um die Bildung der akteursspezifischen Informationssystemcluster überprüfen zu können, werden nachfolgend drei aufeinander aufbauende Verfeinerungsschritte vorgenommen. Das Modell wird dabei anhand des Mass Customization Referenzablaufs (vgl. Abschnitt 2.1.2.2.3) und des Mass Customization Informationskreislaufs nach Piller (vgl. 2.1.4) analysiert. In beiden Fällen wird eine Projektion der Modellbestandteile auf das entwickelte Modell der akteursspezifischen Informationssysteme vorgenommen.

5.2.3.2.1 Überprüfung anhand des Referenzablaufs eines Mass Customization Auftrages

Der Mass Customization Referenzablauf wurde bereits in Abschnitt 2.1.2.2.3 eingeführt und erläutert. Dieses Modell ist Basis der Klasse „Aktivitäten“ auf der ersten Architekturebene (vgl. Abschnitt 5.2.1.3) und stellt den prinzipiellen Ablauf einer Mass Customization Auftragsabwicklung dar. In Abbildung 66 werden die Abschnitte des Referenzablaufs auf das bisherige IS-Clustermodell übertragen.

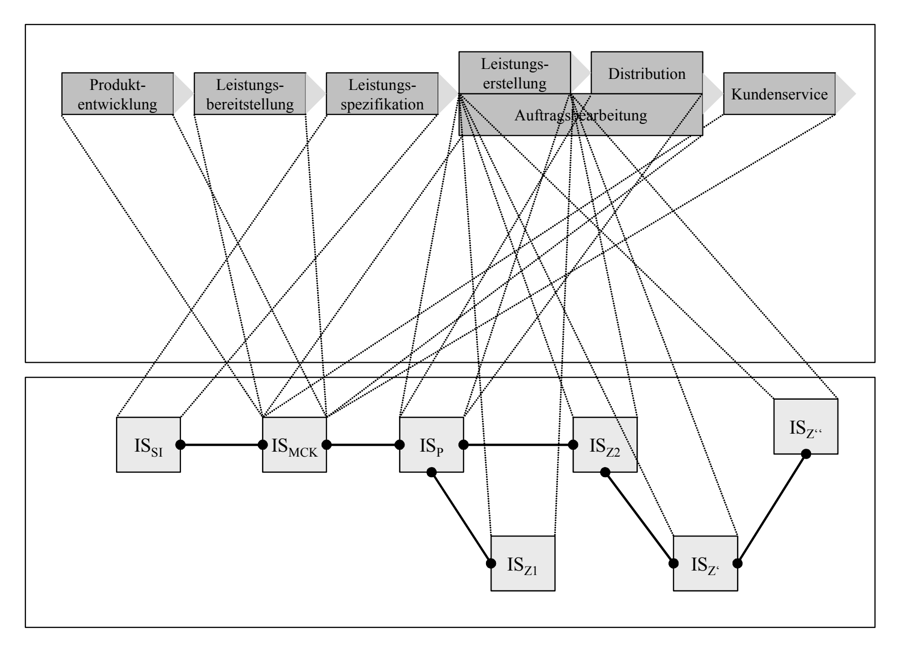


Abbildung 66: Überprüfung der IS-Schnittstellen anhand des Referenzablaufs

Dieses Modell stellt einen idealisierten Ablauf eines Mass Customization Auftrags dar. Zunächst wird eine Zuordnung der Prozessbausteine des Ablaufs zu den Informationssystemen vorgenommen. Die Produktentwicklung und der Kundenservice obliegen dem MC-Koordinator (IS_{MCK}). Beide werden aber nicht weiter betrachtet. Es ergeben sich weiterhin folgende Hauptzuordnungen:

- Produktentwicklung ➔ IS_{MCK}
- Leistungsbereitstellung ➔ IS_{MCK}
- Leistungsspezifikation ➔ IS_{SI}
- Auftragsbearbeitung ➔ IS_{MCK}
- Leistungserstellung ➔ IS_P, IS_{Z1}, IS_{Z2}, $IS_{Z'}$, $IS_{Z''}$
- Distribution ➔ IS_P

Die Schnittstellen zwischen den akteursspezifischen Informationssystemen müssen alle im Referenzablauf vorgesehenen Interaktionen berücksichtigen. Bei einer Zuordnung der Schnittstellen auf die Kanten zwischen den Informationssystemen kann festgestellt werden, dass alle Interaktionen des Modells berücksichtigt werden können. Eine Erweiterung des Clustermodells ist nicht notwendig.

5.2.3.2.2 Überprüfung anhand des Informationskreislaufs nach Piller

Der Informationskreislauf nach Piller wurde bereits in Abschnitt 2.1.4 im Rahmen der Darstellung informationstechnologischer Aspekte für Mass Customization eingeführt und erläutert. Das Modell stellt dar, welche informationsbezogenen Aktivitäten im Rahmen einer Mass Customization Auftragsabwicklung durchgeführt werden müssen. In Abbildung 67 werden die Abschnitte des Referenzablaufs auf das bisherige IS-Clustermodell übertragen.

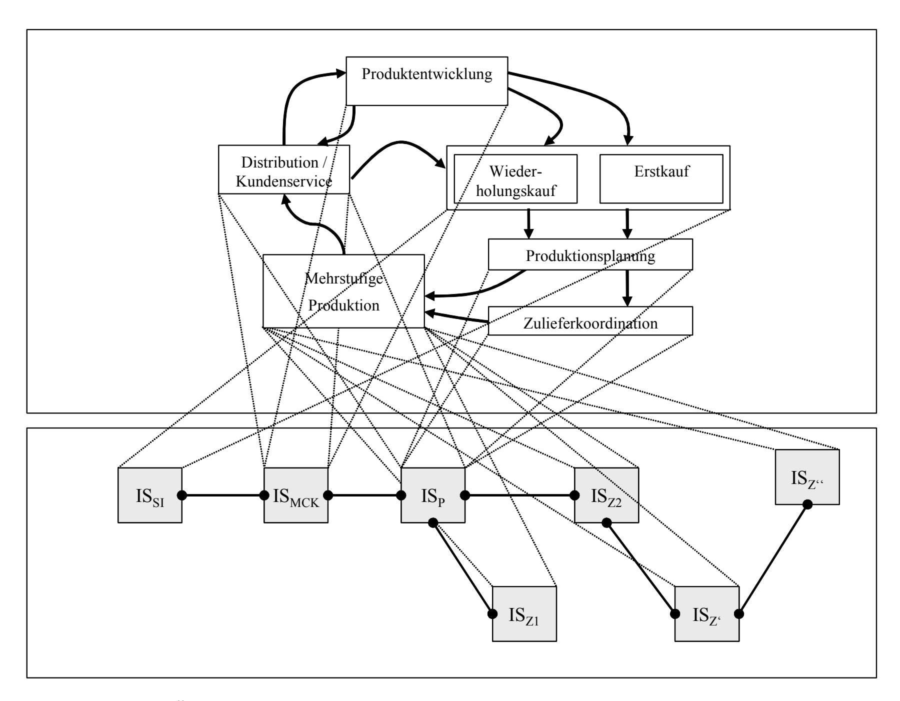


Abbildung 67: Überprüfung der IS-Schnittstellen anhand des Informationskreislaufs nach Piller [PiZa01]

Wieder wird zunächst eine Zuordnung der Bausteine des Informationskreislaufs zu den Informationssystemen vorgenommen. Produktentwicklung und der Kundenservice verantwortet der MC-Koordinator (IS_{MCK}). Es ergeben sich folgende Hauptzuordnungen:

- Wiederholungskauf / Erstkauf ➔ IS_{MCK} und IS_{SI}
- Produktionsplanung ➔ IS_P
- Zulieferkoordination ➔ IS_P
- Produktion ➔ IS_P, IS_{Z1}, IS_{Z2}, $IS_{Z'}$, $IS_{Z''}$
- Distribution / Kundenservice ➔ IS_{MCK} und IS_P

Die Schnittstellen zwischen den akteursspezifischen Informationssystemen müssen alle im Informationskreislauf vorgesehenen Interaktionen berücksichtigen. Auch hierbei kann bei einer Zuordnung der Schnittstellen auf die Kanten zwischen den Informationssystemen festgestellt werden, dass alle Interaktionen des Modells berücksichtigt werden können. Eine Erweiterung des Clustermodells ist nicht notwendig.

Anhand von zwei Modellen wurde die Anwendbarkeit und Vollständigkeit des bisherigen Modells der akteursspezifischen Informationssysteme überprüft. Dabei wurde ermittelt, dass mit den abgeleiteten Informationssystemen jeweils alle Bestandteile des Mass Customization Referenzablaufs und des Informationskreislaufs nach Piller abgedeckt werden. Jeder Modellabschnitt wurde mindestens einem Akteur zugeordnet. Zugleich ist jeder Akteur an mindestens einem Prozessabschnitt des Modells beteiligt. Es schließt sich nachfolgend die Ableitung eines Modellbedarfskonzeptes an, um die für eine Spezifikation der Informationssysteme notwendigen Modellzuordnungen explizieren zu können.

5.2.3.3 Ableitung eines Modellbedarfskonzeptes

Die Architekturdefinition dieser Arbeit basiert auf der Annahme, dass die an der Wertschöpfung beteiligten Personen und Organisationen weitgehend autonom handeln können und keine zentrale Wissensbasis für alle Akteure zur Verfügung steht. Als Konsequenz dieser an die Realität angelehnten Vorgabe müssen die Modellinformationen den Akteuren in Abhängigkeit von deren Zuständigkeiten verfügbar gemacht werden. Es ist somit ein Modellbedarfskonzept notwendig. Dieses beschreibt den Zugriff auf bestimmte Partialmodelle in Abhängigkeit von dem aktuellen Status im Referenzablauf. Dabei handelt es sich um die Modelle der Daten über Wertschöpfungssystem und Kundenauftrag, die ausgetauscht werden.

In Tabelle 48 ist der Modellzugriffsbedarf in Form einer Modell-Prozess-Matrix aufgetragen. Die Notwendigkeit, Informationen aus einem bestimmten Modell zu erhalten, ist demnach von dem konkreten Auftragsfortschritt abhängig. Produktentwicklung und Kundenservice werden aus den bereits dargelegten Gründen vernachlässigt. Die Darstellung zeigt, welche Bestandteile der Partial-Referenzmetamodelle in den Abschnitten des Auftragsablaufs zur Verfügung stehen müssen. Die aufgeführten Aktivitäten entsprechen dabei den Teilprozessen des Mass Customization Referenzablaufs aus Abschnitt 2.1.2.2.3. Das Akteursmodell, das die an der Wertschöpfung beteiligten Unternehmen bzw. Personen abbildet, spezifiziert hierfür die zur Verfügung stehenden Akteure. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, müssen innerhalb der Leistungsbereitstellung das Aktivitätsmodell und das Produktmodell zur Verfügung

stehen. Das Produktmodell enthält die generelle Spezifikation des angebotenen Produktes, das Aktivitätsmodell umfasst Vorgangsbeschreibungen zum Ablauf eines Auftrags. Innerhalb der Leistungsspezifizierung müssen außerdem das Kundenmodell und das Konfigurierungsmodell vorliegen. Das Kundenmodell umfasst persönliche und produktbezogene Informationen, das Spezifizerungssmodell die Vorschriften zum Ablauf der Ermittlung von Individualisierungsinformationen. In der Auftragsbearbeitung wird die Fertigung des Produktes vorbereitet und die Auftragsabwicklung koordiniert. Neben den bisher genannten Modellen müssen daher das Akteursmodell, das Auftragsmodell und das Produktionsmodell zur Verfügung stehen. Über das Produktionsmodell und das Akteursmodell kann die Fertigung vorbereitet werden. Das Auftragsmodell liefert hierbei die für die Abwicklung notwendigen Informationen. Das Konfigurierungsmodell muss ab dem Beginn der Auftragsabwicklung nicht mehr vorliegen, da der Auftrag bereits vollständig spezifiziert wurde. Der Modellbedarf innerhalb der Produktion ist mit dem der Auftragsbearbeitung identisch. Auch in der Distribution wird das Aktivitätsmodell benötigt, außerdem muss auf das Kunden- und Auftragsmodell zugegriffen werden können, um die Auslieferung des Endproduktes an den Kunden durchführen zu können.

Aktivitäten / Partialmodelle	Leistungs-bereitstellung	Leistungs-spezifizierung	Auftrags-bearbeitung	Produktion	Distribution
Akteursmodell			●	●	
Aktivitätsmodell	●	●	●	●	●
Kundenmodell		●	●	●	●
Produktmodell	●	●	●	●	
Spezifizierungsmodell		●			
Auftragsmodell			●	●	●
Produktionsmodell			●	●	

Tabelle 48: Aktivitäts-Modell-Matrix

Entnimmt man dem Gesamtmodell der ersten Architekturebene die Beziehungen zwischen Aktivitäten und Akteuren, so kann die in Tabelle 49 dargestellte Matrix erstellt werden. Diese verdeutlicht, an welchen Aktivitäten die einzelnen Akteure unmittelbar beteiligt sind.

Da im Modell dieser Arbeit dem Kunden kein Informationssystem zugeordnet ist, ergeben sich hieraus keine Anforderungen in Bezug auf den Modellzugriff. Der Spezifizierungsinter-

mediär ist an der Leistungsbereitstellung und an der Konfigurierung beteiligt. Der MC-Koordinator ist für die Auftragsbearbeitung und der Produzent für die Produktion und die Distribution des Sachgutes verantwortlich. Die Zulieferer sind an der Produktion beteiligt.

Aktivitäten / **Akteure**	Leistungs-bereitstellung	Leistungs-spezifizierung	Auftrags-bearbeitung	Produktion	Distribution
Kunde		●			
Spezifizierungsintermediär	●	●			
MC-Koordinator			●		
Produzent				●	●
Zulieferer				●	●

Tabelle 49: Aktivitäts-Akteurs-Matrix

Das Modellbedarfskonzept kann schließlich aus den beiden vorangegangenen Abbildungen abgeleitet werden. Es ist in Tabelle 50 dargestellt.

Partialmodelle / **Akteure**	Akteursmodell	Aktivitätsmodell	Kundenmodell	Produktmodell	Spezifizierungsmodell	Auftragsmodell	Produktionsmodell
Kunde			●	●	●	●	
Spezifizierungsintermediär		●	●	●	●		
MC-Koordinator	●	●	●	●		●	●
Produzent	●	●	●	●		●	●
Zulieferer		●	●	●		●	●

Tabelle 50: Modellbedarfskonzept

Das Modellbedarfskonzept wurde bisher auf Basis der Partial-Referenzmetamodelle vorgenommen. In Abhängigkeit von dem Abstraktionsniveau können hierbei auch Unterklassen der Partialmodelle oder einzelne Objekte betrachtet werden. So ließe sich festlegen, dass ein einzelner Akteur nur Zugriff auf bestimmte Aktivitäten oder Leistungsbestandteile erhalten darf. Die Ergebnisse der Modellbedarfsermittlung werden im weiteren Verlauf für die Spezifikation der akteursspezifischen Mass Customization Informationssysteme herangezogen.

5.2.3.4 Spezifikation der Mass Customization IS-Cluster

Die Beschreibung der einzelnen akteursbezogenen Informationssysteme wird bei Anwendung des Referenzmetamodells anhand des in Tabelle 51 dargestellten Schemas vorgenommen. Neben einer *Bezeichnung* des Informationssystems und den zugeordneten *Akteuren* werden enthaltene Subsysteme, benötigte *Partialmodelle* (mit Spezifizierung als Modellbesitzer oder -nutzer) und die bereitgestellten *Wertschöpfungsfunktionen*, d. h. die Aktivitäten bzw. Prozesse zur Leistungserstellung, angegeben.

<table>
<tr><th colspan="3">Informationssystem des Akteurs x</th></tr>
<tr><td>Bezeichnung</td><td colspan="2">IS_x</td></tr>
<tr><td>Verantwortlicher Akteur</td><td colspan="2">x</td></tr>
<tr><td>Enthaltene(s) Subsystem(e)</td><td colspan="2">▪ Subsystem 1
▪ Subsystem 2
▪ …
▪ Subsystem n</td></tr>
<tr><td>Modelle</td><td>Modellbesitzer</td><td>Modellnutzer</td></tr>
<tr><td>▪ Partialmodell 1</td><td>○</td><td>●</td></tr>
<tr><td>▪ Partialmodell 2</td><td>●</td><td>○</td></tr>
<tr><td>▪ …</td><td>…</td><td>…</td></tr>
<tr><td>▪ Partialmodell m</td><td>…</td><td>…</td></tr>
<tr><td>Wertschöpfungsprozesse</td><td colspan="2">Zugeordnetes Subsystem</td></tr>
<tr><td>▪ Wertschöpfungsprozess 1</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>▪ Wertschöpfungsprozess 2</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>▪ …</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>▪ Wertschöpfungsprozess p</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Tabelle 51: Schema für die Beschreibung der Akteursinformationssysteme

Die Spezifikation muss für jeden Akteur vorgenommen werden. Falls ein Akteur mehrere Rollen übernimmt (z. B. Akteur ist MC-Koordinator und Produzent), so werden die Bestand-

teile in einem akteursspezifischen Informationssystem zusammengefasst. Die vorgeschlagene Darstellung ist applikations- bzw. implementierungsunabhängig. Damit wird der Charakter des Referenzmetamodells gewahrt, da die Anwendungsarchitektur hinsichtlich der technologischen Umsetzung generisch beleiben soll. Im Rahmen der Fallstudie in Abschnitt 5.3 wird die Konkretisierung unter Verwendung von Konzepten der service-orientierten Architektur beispielhaft dargestellt.

5.2.4 Zusammenfassung

Die Anwendungsarchitektur im Sinne dieser Arbeit fokussiert die interorganisationale Ebene. Auf der dritten Ebene des Vorgehensmodells zur Architekturentwicklung (vgl. Abbildung 54) findet eine Zuordnung der Bestandteile des Mass Customization Informationssystems auf die im Wertschöpfungsmodell vorhandenen Akteure statt. Aufgrund des dezentralen Ansatzes wird im weiteren Verlauf nicht von der Errichtung eines monolithischen Systems ausgegangen, auf das alle Akteure zugreifen. Vielmehr interagieren sie mittels ihrer unternehmensspezifischen Informationssysteme. Wird deren Entwicklung jedoch auf Basis des Referenzmetamodells vorgenommen, besteht eine einheitliche konzeptionelle Basis und damit eine Kompatibilität der Systeme. Mit der Integration Mass Customization spezifischer Partialmodelle in das Referenzmetamodell werden nachträgliche Anpassungen der Informationssysteme und zusätzliche redundante Schnittstellen vermieden. Aufgrund der Berücksichtigung allgemeiner Mass Customization Merkmale findet hierbei keine branchen- oder produktbezogene Einschränkung statt. Die entwickelte Architektur ist somit unabhängig von Einzelfällen einsetzbar.

5.3 Fallstudie „Schuhindustrie“

5.3.1 Mass Customization in der Schuhindustrie

Die Schuhindustrie wird bereits seit einigen Jahren als Untersuchungsobjekt für die Wettbewerbsstrategie Mass Customization verwendet. Als Grund hierfür lässt sich zum einen der zweifache Individualisierungsbedarf bei Schuhen anführen: Passgenauigkeit und Design. Zum anderen verbinden sich in der Schuhindustrie handwerkliche und industrielle Fertigung. Dies führt aufgrund von Mass Customization und der damit verbundenen Informationsprozesse zu einem erhöhten Bedarf nach informationstechnologischer Unterstützung. Forschungsprojekte mit dem Schwerpunkt auf Mass Customization in der Schuhindustrie sind beispielsweise „CustomFit“ (EU, 2004-2008, NMP2-CT-2004-507437), „EuroShoes“ (EU, 2001-2003, G1RD-2000-00343) und „EwoMacs“ (BMBF, 2002-2004, 02PD1120). Es existieren außerhalb der Bereiche Schuhgestaltung und Fertigungstechnologien für die Schuhindustrie zudem wissenschaftliche Veröffentlichungen wie z. B. [Wuns05] und [SpKN03]. Die Schuhindustrie eignet sich auch deshalb als Anwendungsdömane für eine wissenschaftliche Arbeit, weil hier

bereits auf umfangreiche positive wie negative Erfahrungen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Mass Customization Projekte zurückgegriffen werden kann (z. B. „CustomFoot“ oder „Creo“). Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf dem Forschungsprojekt „EwoMacs“, in dem neben Analysen der Kundenschnittstelle die Entwicklung von Logistikstrukturen und deren Unterstützung mit IT-Systemen im Vordergrund standen. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und lief von Mai 2002 bis April 2005. Die wesentlichen Projektergebnisse können dem Abschlussbericht entnommen werden, der in [KPRS05] veröffentlicht wurde.

5.3.2 Fallstudienspezifische Anwendung der Drei-Ebenen-Architektur

5.3.2.1 Ebene 1: Fallstudienspezifisches MC-Wertschöpfungssystem

5.3.2.1.1 Leistung

Gegenstand der fallstudienspezifischen Leistungserbringung sind individualisierbare Schuhe. Ein Schuh setzt sich aus mehreren Produktbestandteilen zusammen. Abbildung 68 zeigt ein exemplarisches Produktmodell. Zur Notation wurde die auf der Teil-Ganzes-Relation basierende Methode von [WeMü81] verwendet, da diese mit der Erweiterung um Klassifikationsbäume mittels hierarchischer Generalisierung eine klare Visualisierung von Alternativen und Plausibilitäten ermöglicht [HüLW02]. Diese Methode erlaubt eine Modellvereinfachung in Bezug auf die Konfigurierungsvorschriften mittels der Modellierung von Implikationen. Diese Modellierungsmethode basiert auf dem Konzept der erweiterten Stückliste, die als Gozinto-Graphen dargestellt werden [VaRi63]. Mittels der Erweiterung von Klassifikationsbäumen um die hierarchische Generalisierung können Produktalternativen direkt visualisiert werden [Wede89]. Eine ähnliche Darstellung kann [Wuns05, 73] entnommen werden.

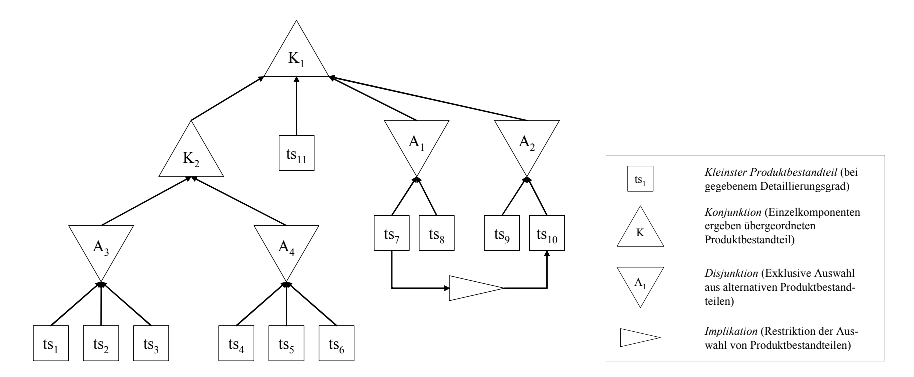


Abbildung 68: Der Fallstudie zugrunde liegendes Produkt

Ein Schuh (K_1) besteht aus einem Oberteil (K_2), Schnürsenkel (ts_{11}), einer Sohle (A_1) und einer Dämpfungseinheit (A_2). Das Oberteil besteht wiederum aus den zwei Komponenten Oberleder und einem Futter (A_3, A_4), die jeweils aus einer Anzahl verfügbarer Lederfarben und Futterarten näher spezifiziert werden können (ts_1, ts_2,… ts_6). Hinsichtlich der Sohle kann zwischen einer Stollen- oder Nockenvariante gewählt werden (ts_7, ts_8), für die Dämpfung steht eine Luft- oder Gelvariante zur Verfügung (t_9, t_{10}). Für Sohle und Dämpfung existiert eine logische Einschränkung (Implikation), die besagt, dass bei Wahl einer Stollensohle die Luftdämpfung gewählt werden muss.

5.3.2.1.2 Akteure

In der Fallstudie werden alle im Referenzmetamodell zur Verfügung stehenden Rollen verwendet:

- Kunde,
- Spezifizierungsintermediär,
- MC-Koordinator,
- Produzent und
- Zulieferer.

Der betrachtete Ausschnitt des Wertschöpfungsmodells umfasst die Anfrage bzw. Auftragserteilung von Kunden, die die Individualisierungswünsche unter Zuhilfenahme eines Spezifizierungsintermediärs äußern und in Produktparameter umsetzen lassen. Der Spezifizierungsintermediär setzt diese in eine gültige Produktspezifikation um, die für den MC-Koordinator die Auftragsgrundlage darstellt. Die physische Fertigung wird von einem Produzenten übernommen, der vom MC-Koordinator beauftragt wird. Dieser arbeitet mit Zulieferunternehmen zusammen, die individuelle und standardisierte Produktbestandteile bereitstellen. Die Auslieferung an den Kunden übernimmt der Produzent.

5.3.2.1.3 Aktivitäten

Als Aktivitäten der Fallstudie werden alle Transaktionen zwischen den Akteuren des Gesamtmodells genannt, die zur Erbringung der Wertschöpfungsleistung notwendig sind. Die Einschränkung auf die Auftragsabwicklung unter Ausblendung von Produktentwicklung und Kundenservice wird auch in der Fallstudie beibehalten. Im Einzelnen werden folgende übergeordneten Aktivitäten zwischen den Austauschpartnern berücksichtigt:

- **Leistungsspezifizierung:** Interaktion zwischen Kunde und Spezifizierungsintermediär,
- **Auftragsabwicklung:** Interaktion zwischen Spezifizierungsintermediär und MC-Koordinator (Annahme von Aufträgen) und Interaktion zwischen MC-Koordinator und Produzent (Beauftragung der Fertigung),
- **Produktion:** Interaktion zwischen Produzent und Zulieferer (Fertigung standardisierter und individueller Produktbestandteile).

Die einzelnen Aktivitäten werden auf der zweiten Architekturebene in Abschnitt 5.3.2.2 detailliert erläutert.

5.3.2.1.4 Gesamtmodell der Fallstudie

Das Gesamtmodell der Fallstudie für die erste Architekturebene wird auf Basis von Abbildung 59 in Hinblick auf die fallstudienspezifischen Anforderungen abgeleitet. Es spezifiziert die drei wesentlichen Bestandteile des Wertschöpfungsmodells für die Fallstudie. Dabei wurden das Gesamtmodell auf Basis des eingeführten Metamodells der Fallstudie angepasst und dabei die Akteursbeziehungen konkretisiert. Das fallstudienspezifische Modell des Mass Customization Wertschöpfungsmodells ist in Abbildung 69 dargestellt.

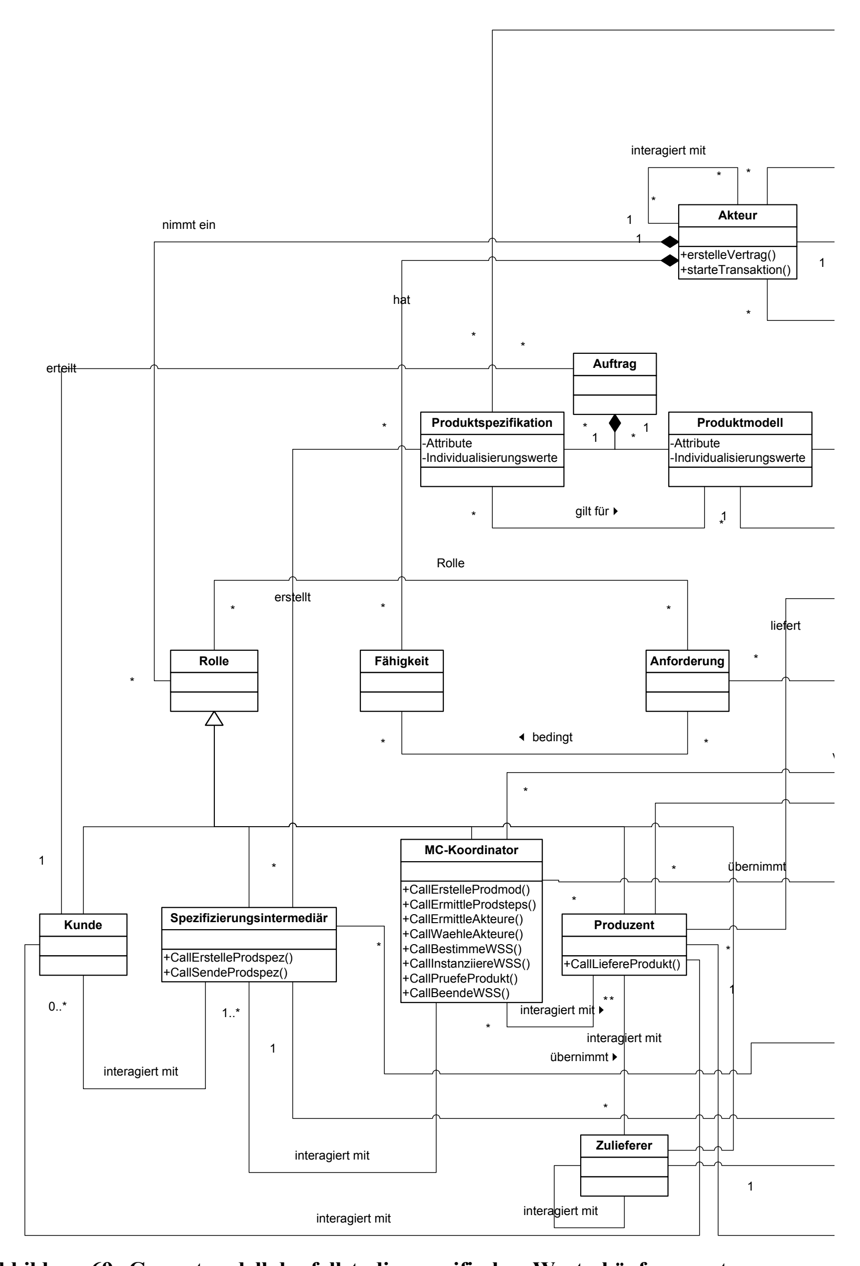
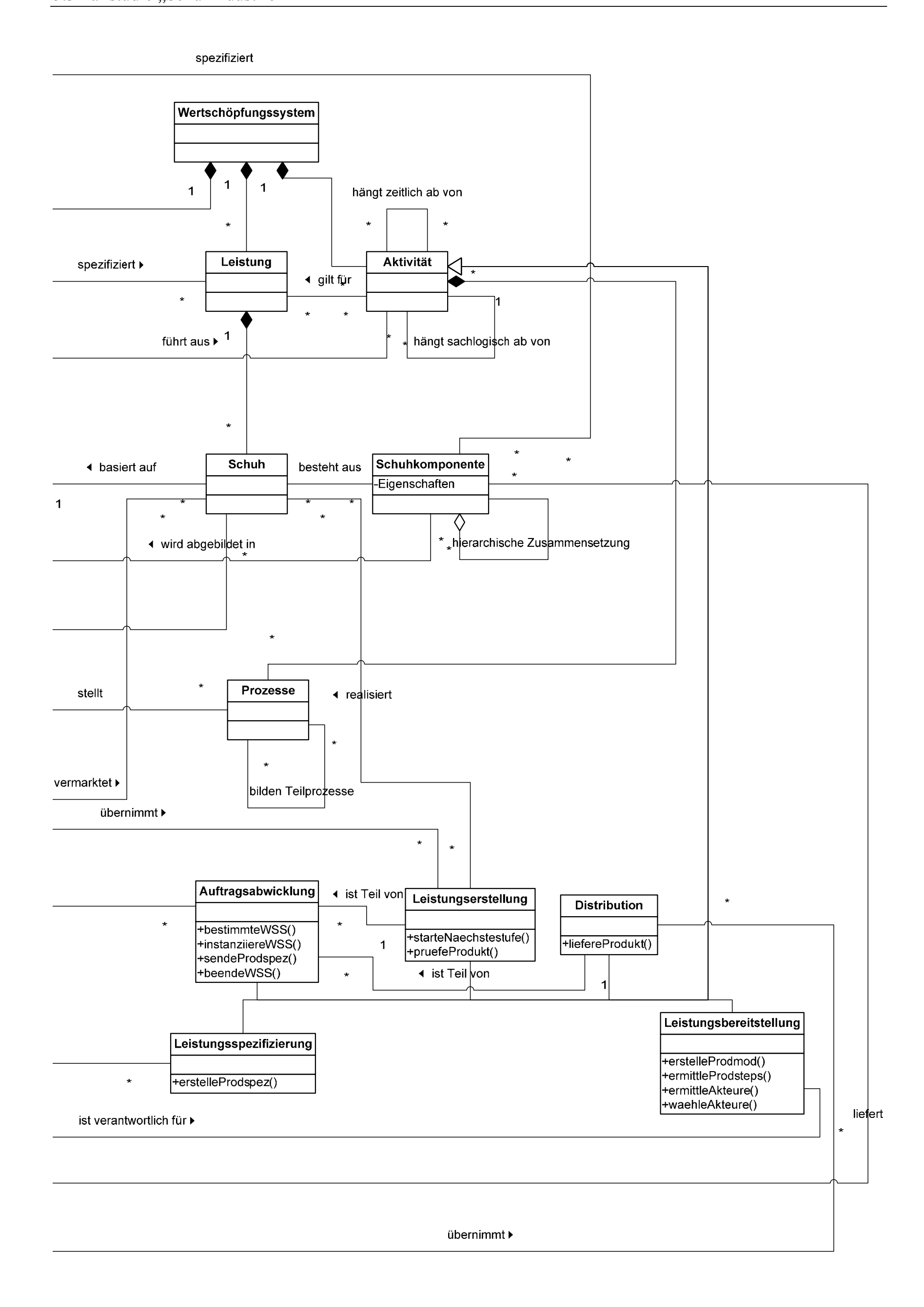


Abbildung 69: Gesamtmodell des fallstudienspezifischen Wertschöpfungssystems


spezifiziert
Wertschöpfungssystem
1
1
1
hängt zeitlich ab von
spezifiziert
Leistung
gilt für
Aktivität
führt aus
hängt sachlogisch ab von
basiert auf
Schuh
besteht aus
Schuhkomponente
-Eigenschaften
wird abgebildet in
hierarchische Zusammensetzung
stellt
Prozesse
realisiert
vermarktet
bilden Teilprozesse
übernimmt
Auftragsabwicklung
+bestimmteWSS()
+instanziiereWSS()
+sendeProdspez()
+beendeWSS()
ist Teil von
Leistungserstellung
+starteNaechstestufe()
+pruefeProdukt()
Distribution
+liefereProdukt()
ist Teil von
Leistungsspezifizierung
+erstelleProdspez()
Leistungsbereitstellung
+erstelleProdmod()
+ermittleProdsteps()
+ermittleAkteure()
+waehleAkteure()
ist verantwortlich für
liefert
übernimmt

5.3.2.2 Ebene 2: Fallstudienspezifische MC-Partialmodelle

5.3.2.2.1 Fallstudienspezifisches Kundenmodell

Das Kundenmodell wird um schuhspezifische Elemente ergänzt. Innerhalb der Klasse „Stammdaten“ werden anatomische Parameter wie z. B. die Fußgröße („FußmaßLinks“ und „FußmaßRechts“) abgelegt. Zugleich werden dem Kunden Bedürfnisse hinsichtlich der Passform und des Designs zugeordnet. Dies sind zwei der wesentlichen Individualisierungsanforderungen in Hinblick auf Schuhe aus Sicht des Kunden. Historische Auftragsdaten finden in der Klasse „Präferenzen“ Berücksichtigung. Es werden weiche und harte Faktoren unterschieden. Unter harten Faktoren sind physische, technische oder mechanische Eigenschaften von Produkten zu verstehen, während weiche Faktoren beispielsweise die Benutzerfreundlichkeit und imagebezogene Merkmale reflektieren [in Anlehnung an BuWi95, 91]. Das fallstudienspezifische Kundenmodell ist in Abbildung 70 dargestellt.

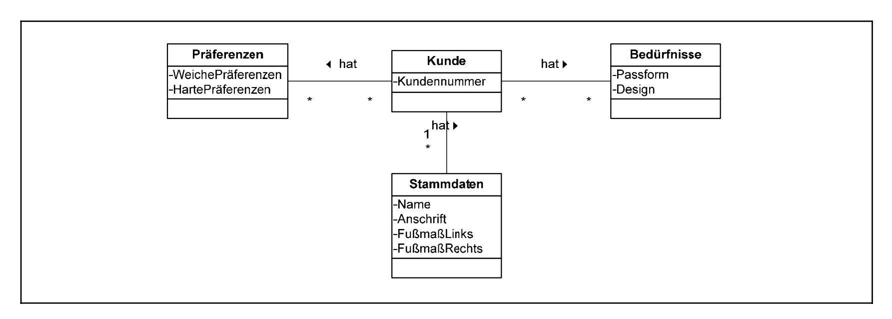


Abbildung 70: Kundenmodell der Fallstudie

5.3.2.2.2 Fallstudienspezifisches Produktmodell

Gegenstand der Leistungserbringung innerhalb der Fallstudie ist das Produkt „Schuh“. Ein Schuh setzt sich aus einzelnen Schuhkomponenten zusammen, die in einer Teil-Ganzes-Relation stehen. Damit lassen sich Teilprodukte wie z. B. ein Schaft als Kombination von Ober- und Futterleder abbilden. Jede Schuhkomponente erfüllt bestimmte Funktionen, die sich in harte und weiche Funktionen unterscheiden lassen (vgl. Abschnitt 5.3.2.2.1) und somit die kundenbezogenen Präferenzen umsetzen. Zur näheren Spezifizierung sind jeder Schuhkomponente Eigenschaften zugeordert, die von Parametern repräsentiert werden (z. B. Lederfarbe, Absatztyp, Sohlenmaterial etc.). Zur Planung eines Produktprogramms wird einem Schuh ein Schuhtyp zugeordnet. Damit lassen sich Modellreihen ausbauen. Das fallstudienspezifische Produktmodell ist in Abbildung 71 dargestellt.

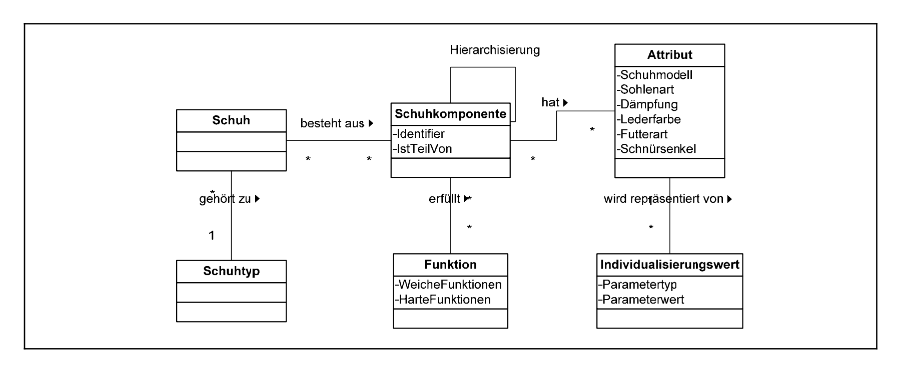


Abbildung 71: Produktmodell der Fallstudie

5.3.2.2.3 Fallstudienspezifisches Spezifizierungsmodell

Für die Fallstudie wird das Spezifizierungsmodell gemäß dem allgemeinen Modell, wie in Abschnitt 5.2 dargestellt, übernommen (Abbildung 72). Im Rahmen der Spezifizierung werden folgende Parameter festgelegt:

- Schuhmodell (z. B. „Fußballschuh“ oder „Tennisschuh“),
- Sohlenart (z. B. „Stollensohle“ oder „Nockensohle“),
- Dämpfung (z. B. „Luftdämpfung“ oder „Geldämpfung“) mit Implikation („Stollen ➔ Luftdämpfung“ und „Nocken ➔ Gel“),
- Lederfarbe (z. B. „gelb“ oder „grün“),
- Futterart (z. B. „Fell“ oder „Polyester“),
- Schnürsenkel (z. B. „grün“ oder „rot“).

Die für die Individualisierung notwendigen Parameter werden dabei über folgende Konfigurierungsschritte ermittelt:

- Schritt 1: Auswahl Schuhmodell,
- Schritt 2: Sohlenart,
- Schritt 3: Dämpfung,
- Schritt 4: Lederfarbe,
- Schritt 5: Futterart,
- Schritt 6: Schnürsenkelfarbe.

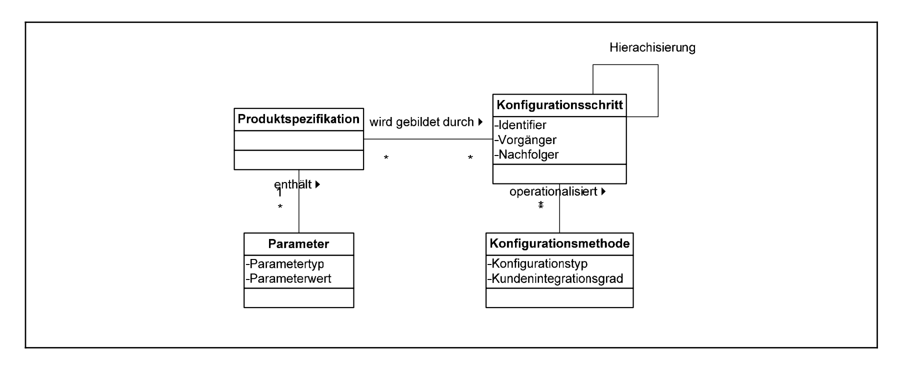


Abbildung 72: Spezifizierungsmodell der Fallstudie

5.3.2.2.4 Fallstudienspezifisches Auftragsabwicklungsmodell

Für die Fallstudie wird das Auftragsabwicklungsmodell gemäß dem allgemeinen Modell, wie in Abschnitt 5.2 dargestellt, übernommen (Abbildung 73). Demnach setzt sich eine Wertschöpfungsaktivität aus Prozessen und Teilprozessen zusammen. Teilprozesse stehen in einer hierarchischen Zuordnung zueinander. Ein Teilprozess wird durch einen Dienst repräsentiert, der von einem Akteur des Wertschöpfungssystems angeboten wird.

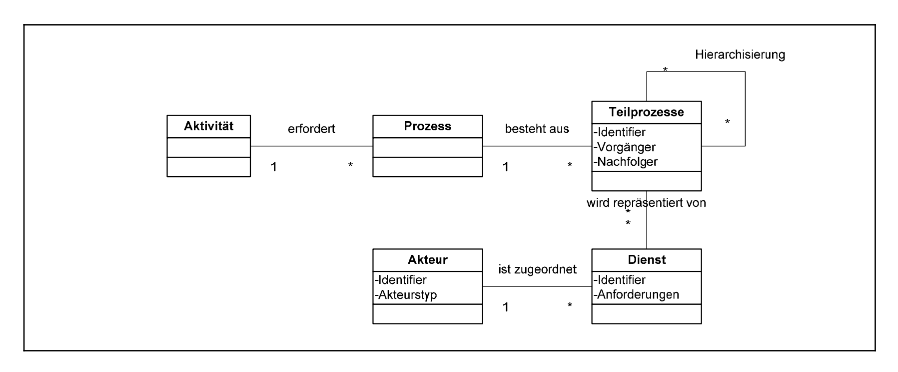


Abbildung 73: Auftragsabwicklungsmodell der Fallstudie

5.3.2.2.5 Fallstudienspezifisches Produktionsmodell

Für die Fallstudie wird das Auftragsabwicklungsmodell gemäß dem allgemeinen Modell, wie in Abschnitt 5.2 dargestellt, übernommen (Abbildung 74). Die Aktivität „Produktion" besteht aus einzelnen Produktionsschritten, die in zeitlicher und sachlogischer Abhängigkeit zueinander stehen. Die Produktionsart bestimmt die Organisation der Fertigung (z. B. Werkstatt- oder Fließfertigung).

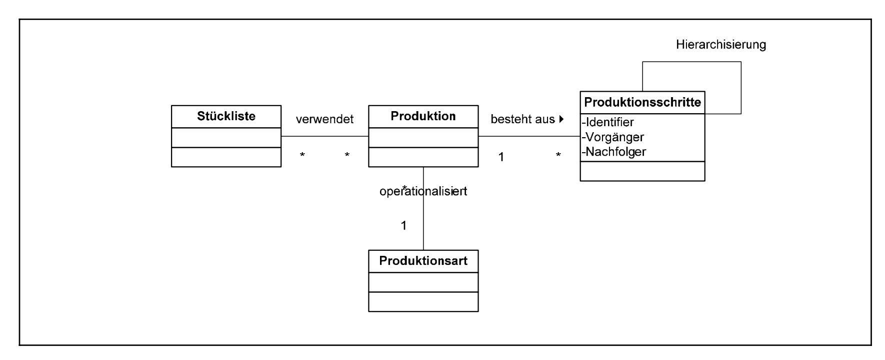


Abbildung 74: Produktionsmodell der Fallstudie

Die Fertigung des fallstudienspezifischen Produktes findet in drei Schritten statt. In Schritt 1 wird die Sohle vorbereitet und in Schritt 2 das Oberteil. Schritt 3 umfasst schließlich die Montage des Endproduktes unter Verwendung der Teilprodukte Sohle und Oberteil. Die Zuordnung zwischen den Produktparametern, den Konfigurierungsschritten und dem Fertigungsschritt ist in Tabelle 52 dargestellt. Die Aufteilung in die Fertigungsschritte wird im weiteren Verlauf beibehalten und in Form von Fertigungssegmenten organisiert.

Produktparameter	Konfigurierungsschritt	Fertigungsschritt
Schuhmodell	Schritt 1: Schuhmodell	Alle Schritte
Sohlenart	Schritt 2: Sohlenart	Schritt 1: Sohle
Dämpfung	Schritt 3: Dämpfung	Schritt 1: Sohle
Lederfarbe	Schritt 4: Lederfarbe	Schritt 2: Oberteil
Futterart	Schritt 5: Futterart	Schritt 2: Oberteil
Schnürsenkelfarbe	Schritt 6: Schnürsenkelfarbe	Schritt 3: Montage

Tabelle 52: Zuordnung der Produktparameter zu den Fertigungsschritten

5.3.2.3 Ebene 3: Fallstudienspezifisches MC-IS-Clustermodell

Für jeden Akteur der Fallstudie wird nachfolgend das entsprechende Informationssystem gemäß der tabellarischen Form von Tabelle 51 dargestellt. Berücksichtigt werden dabei die Akteure *Spezifizierungsintermediär*, *MC-Koordinator*, *Produzent* und *Zulieferer*.
Das Informationssystem des Akteurs *Spezifizierungsintermediär* (IS_{SI}) enthält das Subsystem Konfigurationssystem, in dem die Spezifizierung des individuellen Schuhs vorgenommen wird. Der Spezifizierungsintermediär ist Besitzer des Spezifizierungsmodells, da er zur Durchführung der Spezifizierung notwendig ist und die systemtechnische Umsetzung des Konfigurationssystems verantwortet. Als Modellnutzer greift der Spezifizierungsintermediär weiterhin auf das Aktivitätsmodell, das Kundenmodell und das Produktmodell zu. Dabei fal-

len insbesondere folgende Aufgaben an: „Spezifizierung erstellen“, „Auftrag vorbereiten“, „Konfigurationsschritte durchführen“ und „Plausibilitäten überprüfen“. In tabellarischer Form ist das fallstudienspezifische Informationssystem des Akteurs *Spezifizierungsintermediär* in Tabelle 53 dargestellt.

Informationssystem des Akteurs *Spezifizierungsintermediär*		
Bezeichnung	IS_{SI}	
Verantwortlicher Akteur	Spezifizierungsintermediär	
Enthaltenes Subsystem	▪ Konfigurationssystem	
Modelle	**Modellbesitzer**	**Modellnutzer**
▪ Akteursmodell	○	○
▪ Aktivitätsmodell	○	●
▪ Auftragsmodell	○	○
▪ Spezifizierungsmodell	●	●
▪ Kundenmodell	○	●
▪ Produktionsmodell	○	○
▪ Produktmodell	○	●
Aktivitäten und Prozesse	**Zugeordnetes Subsystem**	
▪ Spezifizierung erstellen	Konfigurationssystem	
▪ Auftrag vorbereiten	Konfigurationssystem	
▪ Konfigurationsschritte durchführen	Konfigurationssystem	
▪ Plausibilitäten prüfen	Konfigurationssystem	

Tabelle 53: Fallstudienspezifisches Informationssystem für den Akteur „Spezifizierungsintermediär“

Das Informationssystem des Akteurs *MC-Koordinator* (IS_{MCK}) enthält die Subsysteme „Verkaufssystem„ und „Produktionskoordinationssystem. Der Hersteller ist Besitzer des Akteurs-, Aktivitäts-, Auftrags-, Kunden- und Produktmodells, da er zentraler Akteur des Wertschöpfungssystems ist und neben der Leistungsbereitstellung in Form von individualisierbaren Produkten auch die Ausgestaltung der Akteursbeziehungen beeinflusst. Als Modellnutzer greift der Hersteller weiterhin auf das Produktionsmodell zu, um die Zusammensetzung des Wertschöpfungssystems und damit das Akteursmodell zu bilden. Dabei fallen insbesondere folgende Aufgaben an: „Kundendaten prüfen“, „Auftrag anlegen“ und „Produktionsauftrag anlegen“. In tabellarischer Form ist das fallstudienspezifische Informationssystem des Akteurs *Hersteller* in Tabelle 54 dargestellt.

Informationssystem des Akteurs *MC-Koordinator*	
Bezeichnung	IS_{MCK}
Verantwortlicher Akteur	MC-Koordinator
Enthaltenes Subsystem	▪ Verkaufssystem ▪ Produktionskoordinationssystem

Modelle	**Modellbesitzer**	**Modellnutzer**
▪ Akteursmodell	●	●
▪ Aktivitätsmodell	●	●
▪ Auftragsmodell	●	●
▪ Spezifizierungsmodell	○	○
▪ Kundenmodell	●	●
▪ Produktionsmodell	○	●
▪ Produktmodell	●	●

Aktivitäten und Prozesse	**Zugeordnetes Subsystem**
▪ Kundendaten prüfen	Verkaufssystem
▪ Auftrag anlegen	Verkaufssystem
▪ Produktionsauftrag anlegen	Produktionskoordinationssystem

Tabelle 54: Fallstudienspezifisches Informationssystem für den Akteur „MC-Koordinator“

Das Informationssystem des Akteurs *Produzent* (IS_P) enthält die Subsysteme „Produktionsauftragssystem“, „Fertigungssystem“, „Fertigungssegmentsystem“, „Produktmodellsystem“ und „Lagersystem“. Der Produzent ist Besitzer des Produktionsmodells, da er für die Ausführung der Fertigungsschritte zur physischen Herstellung des Produktes verantwortlich ist. Als Modellnutzer greift der Produzent weiterhin auf das Akteurs-, Aktivitäts-, Auftrags-, Kunden- und Produktmodell zu. Dabei fallen insbesondere folgende Aufgaben an: „Produktionsauftrag anlegen“, „Produktionsauftrag bearbeiten“, „Produktionsschritt planen“, „Fertigungsauftrag anlegen“, „Stückliste ermitteln“, „Produktionsteilschritte ermitteln“, „Komponentenverfügbarkeit ermitteln“, „Komponenten reservieren und bestellen“ und „Komponenten einlagern“. In tabellarischer Form ist das fallstudienspezifische Informationssystem des Akteurs *Produzent* in Tabelle 55 dargestellt.

<table>
<tr><th colspan="3">Informationssystem des Akteurs Produzent</th></tr>
<tr><td>Bezeichnung</td><td colspan="2">IS_P</td></tr>
<tr><td>Verantwortlicher Akteur</td><td colspan="2">Produzent</td></tr>
<tr><td>Enthaltene Subsystem</td><td colspan="2">▪ Produktionsauftragssystem
▪ Fertigungssystem
▪ Fertigungssegmentsystem
▪ Produktmodellsystem
▪ Lagersystem</td></tr>
<tr><td>Modelle</td><td>Modellbesitzer</td><td>Modellnutzer</td></tr>
<tr><td>▪ Akteursmodell</td><td>○</td><td>●</td></tr>
<tr><td>▪ Aktivitätsmodell</td><td>○</td><td>●</td></tr>
<tr><td>▪ Auftragsmodell</td><td>○</td><td>●</td></tr>
<tr><td>▪ Spezifizierungsmodell</td><td>○</td><td>○</td></tr>
<tr><td>▪ Kundenmodell</td><td>○</td><td>●</td></tr>
<tr><td>▪ Produktionsmodell</td><td>●</td><td>●</td></tr>
<tr><td>▪ Produktmodell</td><td>○</td><td>●</td></tr>
<tr><td>Aktivitäten und Prozesse</td><td colspan="2">Zugeordnetes Subsystem</td></tr>
<tr><td>▪ Produktionsauftrag anlegen</td><td colspan="2">Produktionsauftragssystem</td></tr>
<tr><td>▪ Produktionsauftrag bearbeiten</td><td colspan="2">Produktionsauftragssystem</td></tr>
<tr><td>▪ Produktionsschritt planen</td><td colspan="2">Fertigungssystem</td></tr>
<tr><td>▪ Fertigungsauftrag anlegen</td><td colspan="2">Fertigungssegmentsystem</td></tr>
<tr><td>▪ Stückliste ermitteln</td><td colspan="2">Produktmodellsystem</td></tr>
<tr><td>▪ Produktionsteilschritte ermitteln</td><td colspan="2">Produktmodellsystem</td></tr>
<tr><td>▪ Komponentenverfügbarkeit ermitteln</td><td colspan="2">Lagersystem</td></tr>
<tr><td>▪ Komponenten reservieren und bestellen</td><td colspan="2">Lagersystem</td></tr>
<tr><td>▪ Komponenten einlagern</td><td colspan="2">Lagersystem</td></tr>
</table>

Tabelle 55: Fallstudienspezifisches Informationssystem für den Akteur „Produzent“

Das Informationssystem des Akteurs *Zulieferer* (IS_Z) enthält das Subsystem „Zuliefersystem“, über das die Zulieferung von Teilprodukten und Komponenten abgewickelt wird. Der Zulieferer ist ausschließlich Modellnutzer und greift dabei auf das Akteurs-, Aktivitäts-, Auftrags-, Kunden-, Produktions- und Produktmodell zu. Dabei fallen insbesondere folgende Aufgaben an: „Bestellung annehmen“, „Lieferzeit ermitteln“ und „Komponenten liefern“. In tabellarischer Form ist das fallstudienspezifische Informationssystem des Akteurs *Zulieferer* in Tabelle 56 dargestellt.

Informationssystem des Akteurs *Zulieferer*		
Bezeichnung	IS_Z	
Verantwortlicher Akteur	Zulieferer	
Enthaltenes Subsystem	▪ Zuliefersystem	
Modelle	**Modellbesitzer**	**Modellnutzer**
▪ Akteursmodell	○	●
▪ Aktivitätsmodell	○	●
▪ Auftragsmodell	○	●
▪ Spezifizierungsmodell	○	○
▪ Kundenmodell	○	●
▪ Produktionsmodell	○	●
▪ Produktmodell	○	●
Aktivitäten und Prozesse	**Zugeordnetes Subsystem**	
▪ Bestellung annehmen	Zuliefersystem	
▪ Lieferzeit ermitteln	Zuliefersystem	
▪ Komponenten liefern	Zuliefersystem	

Tabelle 56: Fallstudienspezifisches Informationssystem für den Akteur „Zulieferer“

5.3.3 Technologische Umsetzung

Auf Basis der fallstudienspezifischen Anwendungsarchitektur wurde ein erster Prototyp erstellt. Dieser enthält noch nicht alle in der Architektur spezifizierten Funktionen, zeigt aber unter Verwendung des Prinzips der service-orientierten Architektur die prinzipielle Machbarkeit für den Einsatz in Mass Customization Informationssystemen. Teile der Konzepte dieses Kapitels beruhen auf [Dürr06].

5.3.3.1 Ableitung des Dienstmodells

Auf Basis der fallstudienspezifischen Konkretisierung der Anwendungsarchitektur wird im weiteren Verlauf eine beispielhafte technologische Umsetzung dargestellt. Die Ausführungen konzentrieren sich dabei auf die Akteure Kunde, Spezifizierungsintermediär, MC-Koordinator und Produzent. In der vorliegenden Arbeit wird das Konzept der service-orientierten Architektur verwendet. Ausgangsbasis bleibt das Mass Customization Wertschöpfungssystem gemäß Abschnitt 3.2. Die darin dargestellten Akteure sind für bestimmte Aktivitäten innerhalb des Wertschöpfungssystems verantwortlich. Jeder der Akteure ist jeweils Anbieter und Nachfrager bestimmter Leistungen bzw. Dienste. Das globale Zusammenwirken und Ineinandergreifen der notwendigen Dienste aus Sicht des Kunden kann Abbildung 75 entnommen wer-

den. Die gewählte Darstellungsform repräsentiert die Funktionen der Akteure des Wertschöpfungssystems, die zur erfolgreichen Bearbeitung eines Auftrags notwendig sind.

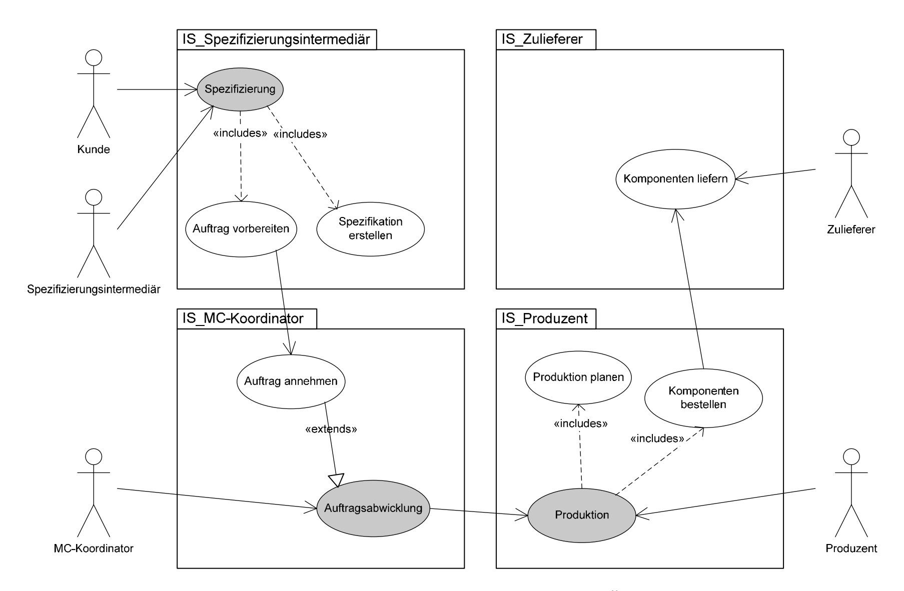


Abbildung 75: Anwendungsfalldiagramm der Fallstudie als Übersicht (AF1)

Der Kunde übernimmt mittels Übertragung der Individualisierungsinformationen die Spezifizierung des Produktes. Die Spezifizierung unterteilt sich hierbei in die Teilabschnitte „Spezifikation erstellen" und „Auftrag vorbereiten". Nachdem ein Auftrag angenommen wurde, beginnt beim MC-Koordinator die Auftragabwicklung. Dazu gehört die Koordination der Produktion durch den Produzenten. Dieser plant die Produktion ein und bestellt Komponenten bei den Zulieferern.

5.3.3.2 Detaillierung der Anwendungsfälle

In den nachfolgenden Abschnitten werden die einzelnen Wertschöpfungsschritte in Form einzelner Anwendungsfälle konkretisiert. Berücksichtigt werden dabei die Abschnitte „Spezifizierung", „Auftragsabwicklung", „Produktion" und „Zulieferung".

5.3.3.2.1 Anwendungsfall „Spezifizierung"

Der Anwendungsfall „Spezifizierung" ist in Abbildung 76 dargestellt. Der Kunde und der Spezifizierungsintermediär sind an der Erstellung der Produktspezifikation beteiligt. Wird die Aktivität „Spezifizierung erstellen" durchgeführt, so zieht das die Teilaktivitäten „Konfigurationsschritt durchführen" und „Plausibilitäten prüfen" nach sich. Die Art der Plausibilitätsprüfung hängt dabei von der gewählten Konfigurationsmethode ab. In einem regelbasierten Kon-

figurationssystem lassen sich die Implikationen im Produktmodell der Fallstudie als Regeln abbilden (z. B. „Wenn Komponente A, dann Komponente B“).

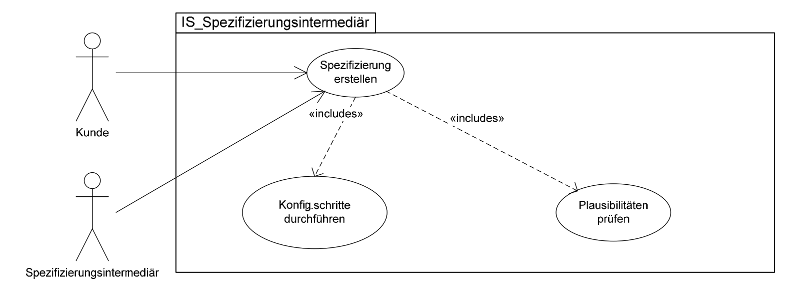


Abbildung 76: Anwendungsfalldiagramm „Spezifizierung“ der Fallstudie (AF2)

5.3.3.2.2 Anwendungsfall „Auftragsabwicklung“

Nach der erfolgreichen Beendigung der Spezifizierung mit Kundenbestellung beginnt der Akteur MC-Koordinator mit der Auftragsabwicklung („Auftrag annehmen“). Diese besteht zunächst aus den Aktivitäten „Kundendaten prüfen“ und „Auftrag anlegen“, die dem *Verkaufssystem* zugeordnet sind. Das Produktionskoordinationssystem enthält die Teilaktivitäten Produktionsauftrag anlegen. Damit wird der Kundenauftrag für die Weitergabe an den Produzenten vorbereitet. Der Anwendungsfall „Auftragsabwicklung“ ist in Abbildung 77 dargestellt.

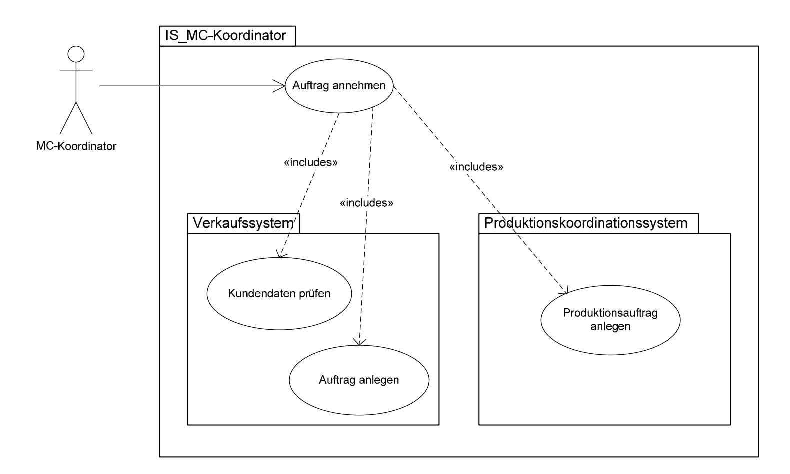


Abbildung 77: Anwendungsfalldiagramm „Auftragsabwicklung“ der Fallstudie (AF3)

5.3.3.2.3 Anwendungsfall „Produktion“

Die Aufnahme eines Auftrags durch den Produzenten erfolgt über die Aktivität „Produktionsauftrag annehmen“. Diese setzt zum einen die Teilaktivitäten „Produktionsauftrag anlegen“ und „Produktionsauftrag bearbeiten“ voraus. Beide sind dem Teilsystem *Produktionsauftragssystem* zugeordnet. Zum anderen wird die Teilaktivität „Produktion planen“ durchgeführt, die im Fertigungssystem die Planung der einzelnen Fertigungsschritte bzw. -segmente vornimmt. Der Anwendungsfall „Produktion“ ist in Abbildung 78 dargestellt.

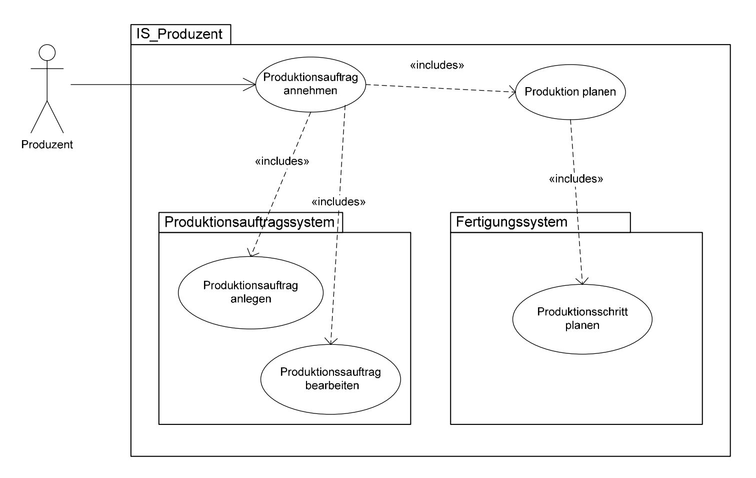


Abbildung 78: Anwendungsfalldiagramm „Produktion“ der Fallstudie (AF4)

5.3.3.2.4 Anwendungsfall „Zulieferung“

Damit der Akteur „Produzent“ die Fertigung übernehmen kann, ist die Beschaffung von Zulieferkomponenten notwendig. In Erweiterung des Anwendungsfalls „Produktion“ enthält der Anwendungsfall „Zulieferung“ ausgehend von der Fertigungsplanung mehrere Teilaktivitäten. Die Fertigung wird auf mehrere Fertigungssegmente aufgeteilt [vgl. Wild92]. Für jedes Fertigungssegment wird im *Fertigungssegmentsystem* ein Fertigungsauftrag angelegt. Dies umfasst zugleich jeweils die Teilaktivitäten „Stückliste ermitteln“ und „Arbeitsgang ermitteln“, die über das Produktmodellsystem abgewickelt werden. Die Fertigungsplanung initiiert im *Lagersystem* die Ermittlung der Komponentenverfügbarkeit („Lagerverfügbarkeit ermitteln“) und führt die Reservierung der Komponenten durch („Komponenten reservieren und bestellen“). Werden Komponenten benötigt, so führt der Produzent eine Bestellung durch („Komponenten bestellen“). Dabei wird durch den Akteur „Zulieferer“ die Lieferzeit ermittelt. Nach Eingang der Komponenten werden diese eingelagert („Komponenten einlagern“). Der Anwendungsfall „Zulieferung“ ist in Abbildung 79 dargestellt.

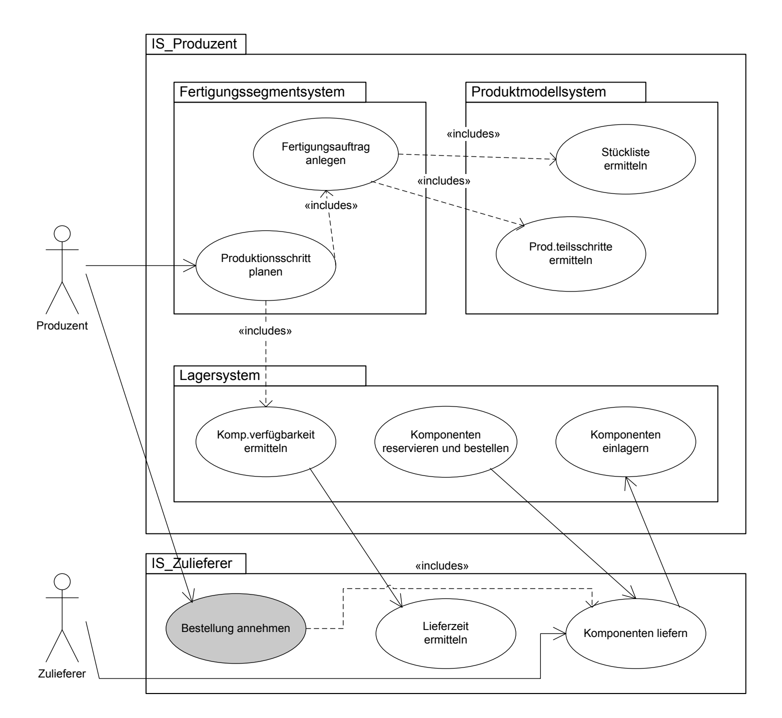


Abbildung 79: Anwendungsfalldiagramm „Zulieferung“ der Fallstudie (AF5)

5.3.3.3 Ableitung der Dienste

Ausgehend von den Aktivitäten der Anwendungsfälle lassen sich die einzelnen Dienste ableiten, die für die Abwicklung von Aufträgen in dem Wertschöpfungssystem notwendig sind. Dies wird nachfolgend für die Akteure „MC-Koordinator“, „Produzent“ und „Zulieferer“ vorgenommen, da der Akteur „Kunde“ nicht über ein eigenes Informationssystem im Wertschöpfungssystem verfügt.

5.3.3.3.1 MC-Koordinator

Der MC-Koordinator stellt vier Dienste bereit (Abbildung 80), die im Anwendungsfall AF3 enthalten sind (vgl. Abbildung 77). Der Dienst *Auftragsannahme Service* („sales service“) ist für die Auftragsannahme des MC-Koordinators verantwortlich und enthält zur Ausführung die Dienstoperation *Bestellung annehmen*. Der Dienst *Produktionskoordination Service* („production coordination service“) ist für alle mit der Produktionskoordination zusammenhängenden Aktivitäten verantwortlich und enthält die Serviceoperation *Auftrag weiterleiten*. Der Dienst *Kunden Service* („customer service“) ist für alle mit einem Kunden zusammenhängenden Aktivitäten verantwortlich und enthält zur Ausführung die Dienstoperation *Kun-*

dendaten prüfen. Der Dienst *Auftrag Service* („purchase order service“) ist für die mit einem Kundenauftrag zusammenhängenden Aktivitäten verantwortlich und enthält zur Ausführung die Dienstoperation *Auftrag annehmen*.

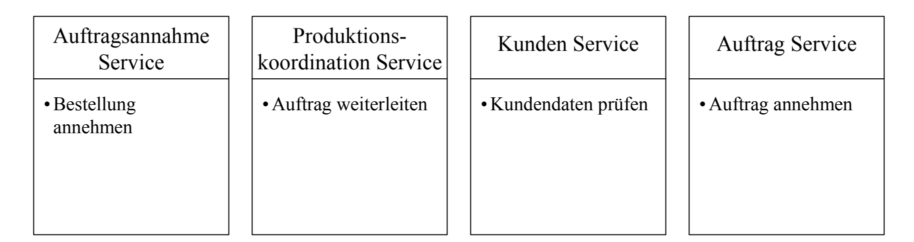


Abbildung 80: Vom Akteur „MC-Koordinator“ bereitgestellte Dienste

5.3.3.3.2 Produzent

Der Produzent stellt sechs Dienste bereit (Abbildung 81), die im Anwendungsfall AF4 enthalten sind (Abbildung 78). Der Dienst *Produktion Service* („production service“) ist für alle mit der Produktion zusammenhängenden Dienste verantwortlich und enthält die Dienstoperation *Produktionsauftrag annehmen*. Der Dienst *Produktionsauftrag Service* („production order service“) ist für die Bearbeitung von Produktionsaufträgen verantwortlich und enthält die Serviceoperationen *Produktionsauftrag erstellen* und *Produktionsauftrag bearbeiten*. Der Dienst *Produktionsplanung Service* („production planing service“) ist für die Einplanung der Produktion eines vollständigen Produktes verantwortlich und enthält die Dienstoperation *Produktion planen*. Der Dienst *Produktmodell Service* („product model service“) enthält Wissen über das Produktmodell und beschreibt die Zusammensetzung des Endproduktes aus Produktbestandteilen bzw. Komponenten und die zur Herstellung notwendigen Arbeitsgänge. Diesem Dienst sind die Dienstoperationen *Stückliste erstellen* und *Arbeitsgangliste erstellen* zugeordnet. Der Dienst *Fertigungsplanung Service* („manufacturing planing service“) ist für die vollständige Einplanung der Fertigung eines Teilproduktes verantwortlich und enthält die Dienstoperation *Produktionsschritt planen*. Der Dienst *Lager Service* („warehouse service“) ist für die Lagerverwaltung und Teilebestellung zuständig. Er enthält die Dienstoperationen *Teileverfügbarkeit ermitteln*, *Teile reservieren* und *Teile einlagern*.

Produktion Service	Produktions-auftrag Service	Produktions-planung Service	Produktmodell Service
• Produktionsauftrag annehmen	• Produktionsauftrag erstellen • Produktionsauftrag bearbeiten	• Produktion planen	• Stückliste erstellen • Arbeitsgangliste erstellen

Fertigungsplanung Service	Lager Service
• Produktionsschritt planen	• Teileverfügbarkeit ermitteln • Teile reservieren • Teile einlagern

Abbildung 81: Vom Akteur „Produzent“ bereitgestellte Dienste

5.3.3.3.3 Zulieferer

Der Zulieferer stellt den in Anwendungsfall AF5 enthaltenen Dienst bereit (Abbildung 82). Der Dienst *Zulieferer Service* („supplier service“) ist für alle mit der Lieferung von Produktkomponenten zusammenhängenden Aktivitäten verantwortlich und enthält die Dienstoperationen *Lieferzeit ermitteln* und *Teile bestellen*.

Zulieferer Service
• Lieferzeit ermitteln • Teile bestellen

Abbildung 82: Vom Akteur „Zulieferer“ bereitgestellte Dienste

5.3.3.4 Prototyp

Für die prototypische Implementierung wird das Konzept der service-orientierten Architektur auf Basis von Web Services verwendet. Abbildung 83 stellt die in dem Prototyp abgebildeten Web Services in Form eines UML Verteilungsdiagramms dar. Damit lassen sich die Web Services den einzelnen IS-Clustern der Akteure zuordnen. Die Applikation, die vom Kunden zur Produktspezifizierung und zur Abgabe einer Bestellung genutzt wird, ist eine Komponen-

te des IS-Clusters IS_{SI} bzw. IS_Spezifizierungsintermediär („configurator“). Diese Komponente verwendet den *sales service* zur Weiterleitung von Aufträgen. Zwischen den einzelnen Web Services besteht eine Beziehung in Form von Dienstgebot und -nachfrage. Der *sales service* sowie der *production planning service* werden als BPEL Web Services spezifiziert, da es sich hierbei um zusammengesetzte, d. h. orchestrierte Teildienste handelt. Der *sales service* ruft die als Web Service spezifizierten Teildienste *customer service*, *purchase order service* und *production coordination service* auf und ist dem IS-Cluster IS_{MCK} bzw. IS_MC-Koordinator zugeordnet. Die Weitergabe des Auftrags an den Produzenten (IS-Cluster IS_P bzw. IS_Produzent) erfolgt von *production coordination service* an den *producer service*. Dieser wiederum nutzt den *production order service*, um Produktionsaufträge zu bearbeiten. Der Dienst *producer service* ruft zudem den BPEL Web Service *production planning service* auf, der die Produktion der Produkte einplant und die Aufteilung auf die drei Fertigungssegmente übernimmt. Jedem Fertigungssegment ist ein Dienst zugeordnet, der die Einplanung der Fertigung eines Teilproduktes verantwortet (*Manufacturing Planning Service 1*, *Manufacturing Planning Service 2* und *Manufacturing Planning Service 3*). Alle Fertigungssegmentdienste wiederum können den Dienst *product model service* und *warehouse service* aufrufen. Ersterer stellt Informationen über das Produktmodell bereit, d. h. die Zusammensetzung des Produktes aus Teilprodukten und die Arbeitsgänge, die zur Herstellung notwendig sind. Dagegen ist der *warehouse service* für die Lagerverwaltung und Teilebestellung zuständig. Dieser wird aufgerufen, um Zulieferteile zu bestellen, und interagiert mit dem *supplier service* des IS-Clusters IS_Z bzw. IS_Zulieferer, der die Lieferung der Zulieferteile organisiert.

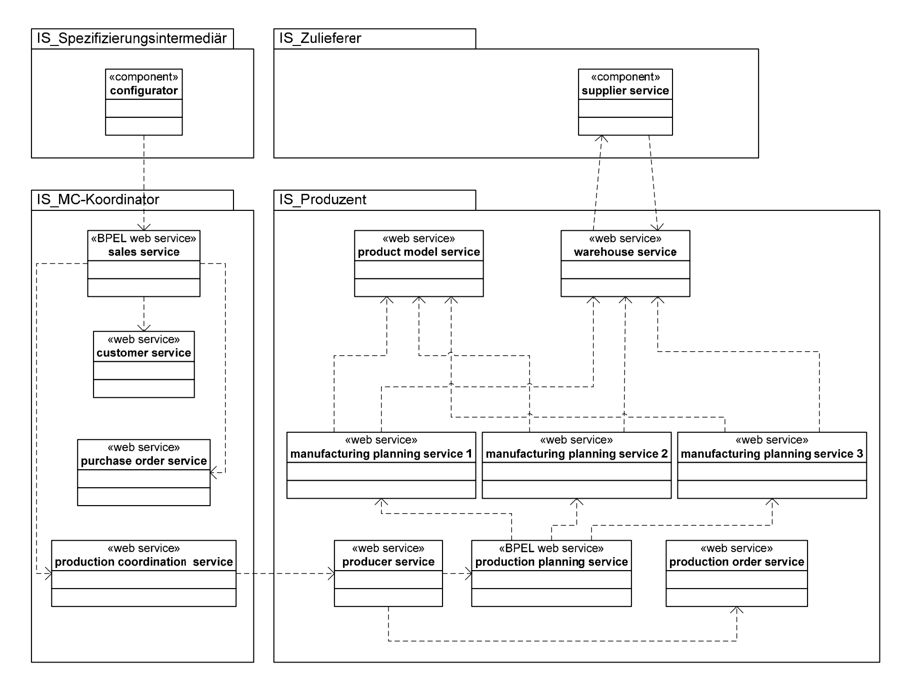


Abbildung 83: Modell des Prototyps

Der Prototyp wurde auf Basis der Open Source Technologien *Apache Tomcat 5.0.28*, *Apache Axis 1.3* und *ActiveBPEL 2.0* implementiert. Der Apache Tomcat Servlet Container stellt die Referenzimplementierung der Java Servlet und Java Server Pages (JSP) Spezifikation dar und bildet das Grundgerüst der webbasierten Anwendung. Apache Axis ist eine Implementierung des Web Services Standards SOAP und ermöglicht die Erstellung von SOAP Nachrichten verarbeitenden Anwendungen. Die ActiveBPEL Engine ist eine Implementierung der BPEL4WS 1.1 Spezifikation (vgl. 4.1.2.5.1) und übernimmt die Ausführung der in den BPEL Dokumenten beschriebenen Prozesse. Der Prototyp umfasst fünf Teilapplikationen (Abbildung 84). Jeder Akteur der Fallstudie wird durch eine Web Applikation repräsentiert:

- „soa4mc-configurator“ für den Akteur *Spezifizierungsintermediär*,
- „soa4mc-vendor“ für den Akteur *MC-Koordinator*,
- „soa4mc-producer“ für den Akteur *Produzent* und
- „soa4mc-supplier“ für den *Zulieferer*.

Eine zusätzliche Applikation ist die ActiveBPEL Engine, die als Orchestration Engine die Zusammensetzung der BPEL Web Services übernimmt. Alle Teilapplikationen sind hierbei für die erste Implementierung in einem Apache Web Container zusammengefasst. Der logische Aufbau der Teilapplikationen wird durch die in jeder Applikation dargestellten Elemente

verdeutlicht. Jede Teilapplikation besteht aus den Konstrukten *Präsentation*, *Logik* und *Daten* sowie der Axis Engine. Benutzerinteraktionen sind über die Präsentationsschicht der Applikationen mittels dynamisch generierter JSP-Seiten möglich.

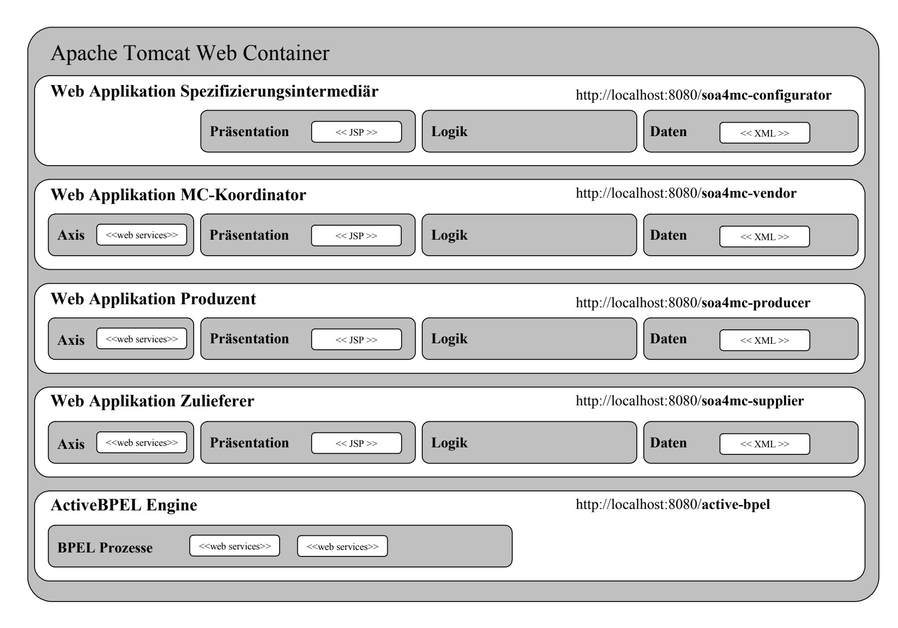


Abbildung 84: Aufbau des Prototyps

Die Bedienung der Anwendung erfolgt über die Web Applikation des Spezifizierungsintermediärs (http://localhost:8080/soa4mc-configurator). Von der Startseite aus gelangt man zu einer Produktauswahlseite auf der die zur Auswahl stehenden Produkte angezeigt werden (Abbildung 85). Dabei ist die Produktauswahl durch ein XML-Dokument, welches alle Konfigurierungsmodelle enthält, flexibel austauschbar. Durch die Auswahl eines Produktes beginnt der eigentliche Konfigurationsprozess. Dabei werden die einzelnen Konfigurationsschritte in der Reihenfolge, die durch das Konfigurierungsmodell vorgegeben ist, durchlaufen. Jeder Konfigurierungsschritt bezieht sich dabei auf eine der das Gesamtprodukt ergebenden Komponenten. Die valide Konfiguration wird dabei durch die Ausführung der Konfigurationsregeln gewährleistet. Nach jedem Konfigurierungsschritt werden alle Regeln mit Bezug zur konfigurierten Komponente ausgeführt und die weitere Auswahl an Komponenten eingeschränkt.



Abbildung 85: Screenshot des Prototyps (Konfigurator)

Im Anschluss an die Produktspezifizierung werden die Kundennummer und das Bestelldatum abgefragt. Die Informationen aus der Produktkonfiguration und die Bestellinformationen werden dann in eine Web Service Anfrage an das Anbietersystem transformiert und als Web Service Aufruf an den *sales service* geschickt. Mit dieser Anfrage wird der vom Kunden ausgelöste Produktbestellungsprozess initiiert. Zur Darstellung der internen Abläufe des Produzenten kann über die Web Applikationen des Produzenten (http://localhost:8080/soa4mc-producer) die Veränderung des Lagerstands sowie der Fertigungs- und Produktionsaufträge angezeigt werden (Abbildung 86). Das Ergebnis des Produktbestellungsprozesses wird dem Kunden über die Benutzeroberfläche des Konfigurators in Form des ermittelten voraussichtlichen Liefertermins angezeigt.

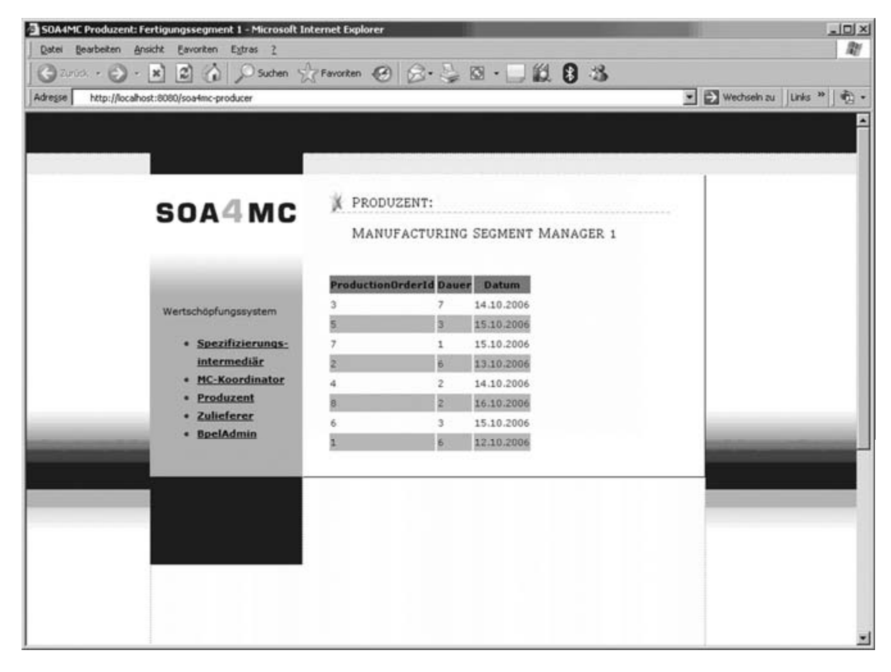


Abbildung 86: Screenshot des Prototyps (Fertigungssegment 1 des Produzenten)

6 Zusammenfassung, Bewertung und Ausblick

6.1 Zusammenfassung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme. Hierunter werden softwarebasierte Anwendungssysteme verstanden, welche das Informationsmanagement innerhalb von und zwischen Unternehmen unterstützen und dabei die informationstechnologischen Anforderungen der Wettbewerbsstrategie Mass Customization erfüllen. Als methodisches Vorgehen wurden dafür erstens eine theoriebasierte Anforderungsanalyse auf Basis der Neuen Institutionenökonomik und zweitens die Konzepte der Meta- und Referenzmodellierung als Ansatz zur modellhaften Beschreibung von Informationssystemen gewählt.
In Abschnitt 2 wurde zunächst der inhaltliche Bezugsrahmen festgelegt. Dabei wurden Mass Customization als hybride Wettbewerbsstrategie, Ansätze für die Modellierung von Informationssystemen und Anwendungsarchitekturen sowie Merkmale konfigurierbarer Produkte diskutiert. Nach der Darstellung eines generischen Architekturrahmens, anhand dessen die Entwicklung der Anwendungsarchitektur vorgenommen wird, fand in Abschnitt 3 die theoriebasierte Ableitung der Anforderungen statt. Zur Anwendung kamen dabei zwei Teiltheorien der Neuen Institutionenökonomik (Transaktionskostentheorie und Prinzipal-Agenten-Theorie). Die interaktionsbezogenen Merkmale der Austauschbeziehungen wurden mittels Transaktionskostentheorie, die Akteurskonstellation unter besonderer Berücksichtigung von gegenseitigen Informationsasymmetrien zwischen Akteuren des Modells anhand der Prinzipal-Agenten-Theorie bewertet. Das gewählte Modell berücksichtigt hierbei den Abschnitt der Auftragsabwicklung. Die Phase der Produktentwicklung und die Nachkaufphase (z. B. Kundenservice) wurden aufgrund der eingenommenen Perspektive nicht berücksichtigt. Das Modell nimmt insoweit an, dass ein Leistungspotential von dem MC-Koordinator der Mass Customization Produkte bereitgestellt wird. Somit ist die Arbeit nicht Teil der Forschung zur kundenintegrierten Produktentwicklung („Customer driven innovation“, vgl. Abschnitt 2.1.2.2.3). Nach der Ermittlung der Anforderungen wurden in Abschnitt 4 verfügbare informationstechnologische Ansätze dargestellt und in Hinblick auf den Erfüllungsgrad der Anforderungen bewertet. Hierbei wurden Konzepte für den überbetrieblichen Geschäftsverkehr, für konfigurierbare Produkte und informationstechnologische Konzepte berücksichtigt, die ausdrücklich für Mass Customization entwickelt wurden. Das Ergebnis dieser Bewertung floss sowohl in die Architekturentwicklung als auch in die Übertragung auf die Fallstudie ein. Ziel des Vorgehens war hierbei nicht die Ermittlung der am besten geeigneten Konzepte, sondern vielmehr die Darstellung und Bewertung vorhandener Technologien, die innerhalb der Architektur angewendet werden können. Im Anschluss an die Auswertung vorhandener Ansätze wurde in Abschnitt 5 die Anwendungsarchitektur entwickelt. Der vereinbarte Architekturrahmen umfasst drei Ebenen. Auf der ersten Ebene (Mass Customization Wertschöpfungssys-

tem) wurde das Referenzmetamodell des Wertschöpfungssystems dargestellt. Es beschreibt die strukturelle Zusammensetzung des gesamten überbetrieblichen Informationssystems. Die Bestandteile des Gesamtmodells wurden in Form von Partial-Referenzmetamodellen auf der zweiten Ebene (Mass Customization Informationssystem) im Detail spezifiziert. Auf der dritten Ebene (Mass Customization IS-Clustermodell) wurden die Modellbestandteile den Akteuren des Wertschöpfungsmodells zugeordnet. Damit wurde die Voraussetzung für die Ableitung der akteursspezifischen Informationssysteme geschaffen. Die Arbeit verwendet hierbei den Ansatz der Metamodellierung, da einerseits Mass Customization eine produkt- und branchenübergreifende Wettbewerbsstrategie ist und somit eine Modellspezifizierung aus einer semantischen Sicht nicht vorgenommen werden sollte (z. B. unterscheiden sich trotz der gemeinsamen Strategie Mass Customization die Produkt- und Konfigurationsmodelle innerhalb der Schuhindustrie deutlich von denen der Automobilindustrie). Die Arbeit schloss in Abschnitt 5.3 mit einer Fallstudie für die Schuhindustrie. Die für deren Entwicklung notwendigen Erkenntnisse stammen weitgehend aus dem Forschungsprojekt „EwoMacs“ (2002-2004), an dem der Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik II der Universität Hohenheim beteiligt war. Die Fallstudie zeigt die prinzipielle Machbarkeit des Ansatzes und Möglichkeit zur Konkretisierung der Anwendungsarchitektur für einen spezifischen Anwendungsbereich.

6.2 Bewertung

In Ergänzung zu den Bewertungen in den einzelnen Abschnitten dieser Arbeit werden im Folgenden die Hauptaspekte der Arbeit einer kritischen Betrachtung unterzogen. Dies dient der Objektivierung und der Überprüfung, ob die der Arbeit zugrunde liegenden Ziele erreicht wurden.

Zur konzeptionellen Beschreibung der zunehmenden Individualisierung bei gleichzeitiger Verschiebung von Wertschöpfungsstufen auf vorgelagerte Unternehmen wird in dieser Arbeit die Wettbewerbsstrategie Mass Customization verwendet. Hierbei muss angemerkt werden, dass diese beiden Phänomene nicht ausschließlich mit Mass Customization erklärt werden können. Genauso weisen auch andere Wettbewerbsstrategien einige der Merkmale von Mass Customization auf. So ist beispielsweise auch die Differenzierungsstrategie ohne Kostenbewertung nicht anwendbar. Mass Customization ist damit ein in der Wissenschaft entwickeltes Konzept, das die Produktindividualisierung im Sinne von einer Konfigurierbarkeit der Güter, die massenproduktionsbezogenen Effizienzpotentiale und die überbetriebliche Kooperation zusammenfasst, aber nicht exklusiv beschreibbar macht. Die Anwendbarkeit verwandter Ansätze kann nicht ausgeschlossen werden. Dies ist jedoch unproblematisch, da die Arbeit nicht Mass Customization oder andere Wettbewerbsstrategien als Konzept erweitert oder verändert, sondern verwendet.

Als Fundament der theoriebasierten Ermittlung der Anforderungen werden Teiltheorien der Neuen Institutionenökonomik verwendet. Da die im Auswahlprozess betrachteten ökonomischen Theorien die Realwelt nicht total disjunkt abdecken, kommt es zu Überschneidungen.

Somit beeinflusst die zugrunde liegende Theorie auch die möglichen Perspektiven der Arbeit. Die Unternehmenstheorien spiegeln zudem die gesellschaftlichen und wissenschaftstheoretischen Strömungen der Zeit wider, in der sie jeweils entwickelt wurden. Die Neue Institutionenökonomik gilt als anerkannt für die Analyse ökonomischer Systeme. Die Anwendbarkeit für die vorliegende Arbeit wurde anhand eines Auswahlprozesses dargestellt. Die Annahme der Transaktionskostentheorie, dass neben Produktionskosten auch Koordinationskosten existieren, ermöglicht beispielsweise die Aufnahme des Konfigurationsvorgangs als zusätzliche Kosten in das Wertschöpfungsmodell. Die Leistungsindividualisierung verursacht außerdem Unsicherheiten bei Akteuren (z. B Kunde), da die konkreten Produkte und Leistungen eines Anbieters nicht vor dem Kauf beurteilt werden können. Für die Beschreibung dieser Austauschbeziehungen mit Kontraktgütern als Gegenstand eignet sich die Prinzipal-Agenten-Theorie, da hiermit verhaltens- und kostenbezogene Auswirkungen von Informationsasymmetrien aufgezeigt werden können. Die Arbeit und der in ihr enthaltene Prozess der Theorieauswahl erheben jedoch nicht den Anspruch, mit der Neuen Institutionenökonomik (und insbesondere den gewählten Teiltheorien) die einzig anwendbare Theoriebasis ermittelt zu haben. Dies ist weder möglich noch notwendig. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass mit der Theorieauswahl auch die Menge möglicher Untersuchungsperspektiven eingeschränkt wird und dass das gewählte Theoriegerüst eine Untersuchung gemäß der vereinbarten Zielsetzung dieser Arbeit ermöglicht.

Das Grundmodell eines Wertschöpfungssystems, das in Abschnitt 3.2 für die Anforderungsanalyse entwickelt wurde, wird für die Darstellung eines Mass Customization Anwendungsfalls verwendet. Das Modell hat hohe Bedeutung für den Verlauf der Arbeit, da es sowohl – wie bereits erwähnt wurde – für die Ermittlung der Anforderungen als auch für die Entwicklung der Anwendungsarchitektur verwendet wird. Die Festlegung der Akteure im Wertschöpfungsmodell sowie die Interaktionen zwischen diesen haben somit unmittelbaren Einfluss auf die Architekturerstellung. Ist das Modell fehlerhaft, basiert auch die Architektur auf falschen Voraussetzungen. In Anbetracht dieser Möglichkeit basiert das Modell einerseits auf Ergebnissen des Forschungsprojektes „EwoMacs“ und ist andererseits durch Literatur theoretisch fundiert. Durch Kombination empirischer und theoriebasierter Ansätze wird ein hohes Maß an Allgemeingültigkeit erreicht. Allerdings kann eine Validierung im Sinne mathematischer Beweise, dass das Wertschöpfungsmodell in Bezug auf die Realitätstreue auch inhaltlich vollständig ist, nicht vorgenommen werden. Insofern ist auf das pragmatische Merkmal von Modellen zu verweisen. Demnach erfüllen Modelle für Modellersteller und -nutzer zu bestimmten Zeiten einen vordefinierten Zweck [Stac73, 132-134]. Das Wertschöpfungsmodell dient damit der Abbildung mehrstufiger Lieferketten unter Berücksichtigung des Kunden als Teil des Modells.

Weiterhin muss der gewählte Modellierungsansatz bewertet werden, der eine Kombination aus Referenz- und Metamodellierung darstellt. Wie dem theoretischen Bezugsrahmen zu entnehmen ist, verwendet die Arbeit keinen eigenen neuen Ansatz, sondern bezieht sich einer-

seits auf den vorhandenen generischen Architekturrahmen (vgl. Abschnitt 2.2.2.4) und andererseits auf eine differenzierte Betrachtung von Metamodellierung als „Modellierung von Modellen“ und Referenzmodellen als Gestaltungsempfehlungen in Form von Modellen (vgl. Abschnitt 2.2.1.2). In der vorliegenden Arbeit besteht der Referenzcharakter des Modells darin, dass die Anwendungsarchitektur (unter den vorgenommenen Einschränkungen) für Mass Customization Wertschöpfungsmodelle allgemein verwendbar ist. Damit die Informationssysteme der einzelnen Akteure reibungslos miteinander interagieren können, werden im Rahmen der Gestaltungsempfehlung inhaltliche Vorgaben (z. B. Modellbezeichnung, Akteursbeziehungen oder Zugriffskonzepte) auf die strukturelle Ebene der Modelle (Metamodell als Sprache zum Erstellen von Modellen) übertragen. Damit weisen zukünftige Informationssysteme auf Basis des Referenzmetamodells einheitliche Eigenschaften auf, um das interorganisationale Informationsmanagement zu unterstützen. Die Nachvollziehbarkeit der Modellierungsarbeit ist durch die Dokumentation der Anwendungsarchitektur anhand des generischen Architekturrahmens gegeben. Dennoch kann die Eineindeutigkeit der Anwendungsarchitektur auf Basis der Anforderungen nicht angenommen werden. Wie bereits in der Einleitung und in Abschnitt 2.2.1.1 beschrieben bleibt das Problem, dass die Entwicklung von Modellen stark von dem jeweiligen Modellersteller abhängt. Dies erklärt auch Aussagen, in denen Modellierung als Intuition bzw. Kunst bezeichnet wird [Morr67, 1-2]. Dieses Problem ist damit kein spezifisches Defizit dieser Arbeit, sondern spiegelt innerhalb des konstruktivistischen Modellverständnisses eine implizite Einschränkung bei der Modellierung wider (vgl. Abschnitt 2.2.1).

Schließlich bleibt eine Bewertung der gewählten Fallstudie. Im Rahmen der empirischen Sozialforschung können mittels Fallstudien keine Beweise von Hypothesen vorgenommen werden. Sie sind lediglich dazu geeignet, neue Hypothesen zu erstellen, neue Anwendungsfälle zu ermitteln oder prinzipielle Machbarkeit zu zeigen [Spöh95, 37-40] (vgl. Abschnitt 2.2.1.1). Für die vorliegende Arbeit muss demnach hervorgehoben werden, dass die Fallstudie an dem letztgenannten Aspekt ansetzt. Die Konkretisierung der Anwendungsarchitektur anhand einer Fallstudie kann nicht die allgemeingültige Funktionsfähigkeit nachweisen, sondern die Angemessenheit des Ansatzes zeigen. Aufgrund der bewusst qualitativen Ausrichtung der theoriebasierten Anforderungsanalyse können auch keine quantitativen Auswertungen hinsichtlich Effizienz erstellt werden. Dies ist jedoch auch nicht Teil der Zielsetzung dieser Arbeit. Vielmehr wird im Verlauf der Arbeit die nachvollziehbar dokumentierte Entwicklung eines Gestaltungsvorschlags dargestellt und anhand eines Anwendungsfalls konkretisiert, der sich der Ergebnisse des Forschungsprojektes „EwoMacs“ bedient.

In Hinblick auf das Ziel der Arbeit lässt sich eine Bewertung der in 1.2 gestellten Forschungsfragen vornehmen. Die Auswertung der vorhandenen Integrationsarchitekturen hat gezeigt, dass sich diese Konzepte für die Entwicklung von Mass Customization Informationssystemen eignen, sie aber nicht ausreichend sind. So wird einerseits eine innerbetriebliche Perspektive eingenommen und andererseits besteht der Schwerpunkt der Ansätze nicht in der Gestaltung von Informationssystemen, sondern in der Modellierung der betrieblichen Integration. Für die

Entwicklung der Mass Customization Anwendungsarchitektur konnte jedoch insbesondere die Strukturierung betrieblicher Aktivitäten übernommen werden. Den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit bildet die theoriebasierte Anforderungsanalyse mittels Neuer Institutionenökonomik. Die beiden angewendeten Theorien – Transaktionskostentheorie und Prinzipal-Agenten-Theorie – umfassen jeweils Instrumente oder Rahmenwerke zur Analyse von Wertschöpfungssystemen bzw. den darin enthaltenen Austauschbeziehungen (Transaktionen). Mit der Ausrichtung auf die Gestaltung von Informationsflüssen und den möglichen Informationsproblemen haben sich diese beiden Theorien als geeignet erwiesen, die spezifischen Anforderungen abzuleiten. Hierfür war jedoch die Entwicklung des Modells eines Wertschöpfungssystems notwendig, das als Basis für beide Teilanalysen verwendet wurde. Mit dem theoriebasierten Ansatz hat die Arbeit eine Alternative zur Erhebung von Anforderungen mittels empirischer Instrumente formuliert. Das deduktive Verfahren ermöglichte es dabei, die qualitativen Aussagen über Kostenwirkungen in Transaktionen für die Ableitung von funktionalen Anforderungen an neue Informationssysteme zu verwenden, die auf Mass Customization Wertschöpfungssysteme ausgerichtet sind. Dieses Vorgehen kann die empirische Überprüfung nicht ersetzen, die Anforderungsanalyse basiert jedoch auf einem fundierten Theoriegerüst. Damit sind auch kausale Aussagen über die Gestaltung von Informationssystemen möglich. Auf Basis der Analyseergebnisse wurden die Anforderungen zusammengestellt und in Form von funktionalen Spezifikationen beschrieben. Die Anforderungen lassen sich dabei in die beiden Bereiche „Produktindividualisierung“ und „überbetriebliche Zusammenarbeit“ aufgliedern. In der Zusammenfassung (Abschnitt 3.5) wurde ein chronologischer Ablauf der Funktionen zugrunde gelegt. Dabei verbinden sich konstitutive Entscheidungen bei der Gestaltung von Wertschöpfungssystemen mit den operationalen Entscheidungen zur Durchführung einzelner Aufträge. Der Zusammenhang besteht dabei jedoch nicht nur in einer zeitlichen, sondern auch in einer inhaltlichen Verknüpfung. So konnten Abhängigkeiten zwischen den eingegangenen Auftragsinformationen (insbesondere Produktspezifikation) und der Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems festgestellt werden. Bei Mass Customization findet die konkrete Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems erst nach Eingang des Kundenauftrags statt. In der vorliegenden Arbeit wurden diese Zusammenhänge jedoch nicht weiterführend behandelt. Der zusätzliche Forschungsbedarf wurde jedoch identifiziert. Nach der Spezifizierung der Anforderungen lässt sich die Eignung der vorhandenen Konzepte zur Gestaltung von Informationssystemen überprüfen. In Abschnitt 4det. Durch die Anpassung an einen Anwendungsfall kann damit nicht von einer allgemeinen Anwendbarkeit ausgegangen werden. Es konnte gezeigt werden, dass die Konkretisierung für Fallstudien prinzipiell möglich ist. Eine branchenübergreifende Evaluation ist jedoch für generalisierende Aussagen weiterhin notwendig.

6.3 Weiterer Forschungsbedarf

Bei der Entwicklung von Mass Customization spezifischen Konzepten für das Informationsmanagement und für die Gestaltung von Mass Customization Informationssystemen konnte weiterer Forschungsbedarf identifiziert werden. Die nachfolgend genannten Themen sind ein Ausblick auf weitere Forschungsaktivitäten, die auf den Ergebnissen dieser Arbeit aufbauen können:

- In dieser Arbeit wurden in Bezug auf die Wettbewerbsstrategie mehrere Einschränkungen vorgenommen. Aus Sicht einer phasenorientierten Wertschöpfungskette ist zum einen die Produktentwicklung ausgeblendet und zum anderen wird die Produktion stark verkürzt betrachtet. Außerdem ist die Architektur auf physische (d. h. materielle) Güter ausgerichtet. Immaterielle Güter (wie z. B. digitale Güter oder Dienstleistungen) werden hier nicht berücksichtigt. Dies und die Erweiterung des Wertschöpfungsmodells um Aspekte der kooperativen Produktentwicklung und die Anpassung aufgrund immaterieller Güter kann Gegenstand zukünftiger Forschungsarbeiten sein.
- Aufgrund der qualitativen Analyse werden bisher keine quantitativen Auswertungen vorgenommen. Um den Wirkungsgrad der Architektur hinsichtlich einer Reduzierung der durch Mass Customization induzierten Transaktions- und Agenturkosten messen zu können, sind weiterführende mathematische Modelle notwendig. Im Rahmen zukünftiger Arbeiten können verschiedene Architekturen bei Anwendung eines Mass Customization Wertschöpfungsmodells untersucht und verglichen werden.
- Innerhalb der funktionalen Spezifikation wurde auf die Zusammenhänge zwischen konstitutiven und operationalen Entscheidungen hingewiesen. So basiert die Errichtung und Instanziierung von Wertschöpfungssystemen als konstitutive Entscheidung bei Mass Customization auf Informationen einzelner Aufträge, die operationale Entscheidungen voraussetzen. In der vorliegenden Arbeit wurden diese Abhängigkeiten identifiziert und bei der Architekturentwicklung berücksichtigt. Weiterer Forschungsbedarf besteht jedoch in einer systematischen Analyse dieser Zusammenhänge.
- Bislang unberücksichtigt bleiben Vorgangsmodelle zur Konkretisierung der Anwendungsarchitektur und zur Konstruktion spezifischer Anwendungen. Insbesondere unter Berücksichtung der überbetrieblichen Perspektive, die das Mass Customization Wertschöpfungsmodell einnimmt, müssen Verfahren spezifiziert werden, welche die aufeinander abgestimmte Entwicklung und Einführung neuer Informationssysteme ermöglichen. Dabei ist zu prüfen, ob die bisherigen Methoden des Software Engineering hierfür ausreichend sind.

Diese vier Themenbereiche zeigen einen Ausblick auf mögliche zukünftige Forschungsarbeiten. Festzuhalten bleibt, dass eine Orientierung von Unternehmen auf Mass Customization die Auseinandersetzung mit dem betrieblichen Informationsmanagement nach sich ziehen muss. Fallstudien gescheiterter Unternehmen zeigen, dass neben einer Begrenzung der Produktkom-

plexität für den Kunden auch eine effiziente Datenverarbeitung zu den Erfolgsfaktoren für Mass Customization gehört [RPMö02a]. Darauf muss die zukünftige Gestaltung spezifischer Informationssysteme für Mass Customization ausgerichtet sein.

Literaturverzeichnis

AaPl94 Aamodt, Agnar; Plaza, Enric: Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. In: Artificial Intelligence Communications 7 (1994) 1, S. 39-59.

AgNa04 Agrawal, Vikas; Nandkeolyar, U.: Role of Web Servicers in Mass Customization. In: Proceedings of the MBBA Conference. 2004.

Aker70 Akerlof, George A.: The market for "lemons": quality uncertainty and the market. In: The Quarterly Journal of Economics 85 (1970) 3, S. 488-500.

AlCa95 Alt, Rainer; Cathomen, Ivo: Handbuch Interorganisationssysteme. Anwendungen für die Waren- und Finanzlogistik. Braunschweig 1995.

Alch95 Alchian, Armen A.: Some Economics of Property Rights. In: Il Politico 30 (1965) 4, S. 816-829.

AlDe72 Alchian, Armen A.; Demsetz, Harold: Production, information costs, and economic organization. In: The American Economic Review 62 (1972) 5, S. 777-795.

AlNi02 Aldous, K.J.; Nicholls, H. R.: Web Tools for Supporting Mass Customization. In: Rautenstrauch, Claus; Seelmann-Eggebert, Ralph; Turowski, Klaus (Hrsg.): Moving into Mass Customization. Information Systems and Management Principles. Berlin 2002, S. 91-102.

Ande97 Anderson, David M.: Agile product development for mass customization. Chicago 1997.

AnTr00 Anderl, Reiner; Trippner, Dietmar: STEP - Standard for the Exchange of Product Model Data, Eine Einführung in die Entwicklung, Implementierung und industrielle Nutzung der Normreihe ISO 10303. Stuttgart 2000.

Arnd04 Arndt, Holger: Supply Chain Management. Optimierung logistischer Prozesse. Wiesbaden 2004.

Arro69 Arrow, Kenneth J.: The Organization of economic activity: issues pertinent to the choice of market versus nonmarket allocation. In: US Joint Economic Committee (Hrsg.): The analysis and evaluation of public expanditure: The PBB System. Washington 1969, S. 59-73.

Arro85 Arrow, Kenneth J.: The Economics of Agency. In: Pratt, John W.; Zeckhauser, Richard J. (Hrsg.): Principals and Agents: The Structure of Business. Boston MA 1985, S. 37-51.

Audi06 o.V.: Audi Deutschland. http://www.audi.com/de/de/home.jsp, Abruf am 2006-10-27.

BAKF04 Blecker, Thorsten; Abdelkafi, Nizaar; Kreutler, Gerold; Friedrich, Gerhard: Dynamic Multi-Agent Based Variety Formation and Steering in Mass Customization. In: Seruca, Isabel; Filipe, Joaquim; Hammoudi, Silmane; Cordeiro, José (Hrsg.): Proceedings of the 6th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2004). Porto 2004, S. 3-13.

Ball00 Ballnus, Rainer: Erfolg mit EDI und E-Commerce. Handlungsempfehlungen für die Abstimmung und Organisation interorganisationaler Netzwerke. Marburg 2000.

BaLu04 Bartling, Hartwig; Luzius, Franz: Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. München 2004.

Barn91 Barney, Jay: Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. In: Journal of Management 17 (1991) 1, S. 99-120.

Barr03 Barry, Douglas K.: Web Services and Service-Oriented Architecture, The Savy Manager's Guide. San Francisco 2003.

Bart95 Bartuschat, Martin: Beitrag zur Beherrschung der Variantenvielfalt in der Serienfertigung. Essen 1995.

Barz82 Barzel, Yoram: Measurement cost and the organization of markets. In: The Journal of Law and Economics 25 (1982) 1, S. 27-48.

Barz89 Barzel, Yoram: Economic Analysis of Property Rights. Cambridge 1989.

BDLW05 Blum, Ulrich; Dudley, Leonard; Leibbrand, Frank; Weiske, Andreas: Angewandte Institutionenökonomik. Theorien – Modell – Evidenz. Wiesbaden 2005.

BeBe99 Berger, Ulrike; Bernhard-Mehlich, Isolde: Die Verhaltenswissenschaftliche Entscheidungstheorie. In: Kieser, Alfred (Hrsg.): Organisationstheorien. 3. Aufl., Stuttgart 1999, S. 133-168.

Beck91 Becker, Jörg: CIM-Integrationsmodell – Die EDV-gestützte Verbindung betrieblicher Bereiche. Berlin 1991.

Beck01 Becker, Jörg: Referenzmodell. In: Back, Andrea; Becker, Jörg; König, Wolfgang; Krallmann, Hermann; Rieger, Bodo; Scheer, August-Wilhelm; Seibt, Dietrich; Stahlknecht, Peter; Strunz, Horst; Thome, Rainer; Wedekind, Hartmut (Hrsg.): Lexikon der Wirtschaftsinformatik. 4. Aufl., Berlin 2001, S. 399-400.

BeDW92 Bergen, Mark; Dutta, Shantanu; Walker Jr., Orville C.: Agency relationships in marketing: A review of the implications and applications of agency and related theories. In: Journal of Marketing 56 (1992) 3, S. 1-24.

BeHo98 Becker, Jörg; Holten, Roland: Fachkonzeptuelle Spezifikation von Führungsinformationssystemen. In: Wirtschaftsinformatik 40 (1998) 6, S. 483-492.

BeMe33 Berle, Adolf A.; Means, Gardiner C.: The modern corporation and private property. New York 1933.

Berg02 o.V.: Internationale Studie zeigt sieben strategische Maßnahmen für „Outperformer“ bei Wachstum, Gewinn und Unternehmenswert, Pressemitteilung vom 18.09.2002. http://www.rolandberger.com/press/de/media/releases/PM_2_FINAL_D.pdf, Abruf am 2005-02-28.

BeRo93 Becker, Jörg; Rosemann, Michael: Logistik und CIM. Berlin 1993.

BeSc96 Becker, Jörg; Schütte, Reinhard: Handelsinformationssysteme. Landsberg/Lech 1996.

BFKA05 Blecker, Thorsten; Friedrich, Gerhard; Kaluza, Bernd; Abdelkafi, Nizaar; Kreutler, Gerold: Information and Management Systems for Product Customization. New York 2005.

BHMN04 Booth, David; Haas, Hugo; McCabe, Francis; Newcomer, Eric; Champion, Michael; Ferris, Chris: Web Services Architecture. W3C Working Group Note vom 11. Februar 2004. http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211, Abruf am 2006-10-27.

Bien01 Bieniek, Christian: Prozeßorientierte Produktkonfiguration zur integrierten Auftragsabwicklung bei Variantenfertigern. Aachen 2001.

BMEc05a BMEcat.org: Weiterentwicklung BMEcat 2.0 / BMEcat 2005 freigegeben. http://www.bmecat.org/deutsch/index.asp?main=Start&pid=, Abruf am 2005-02-19.

BMEc05b BMEcat.org: BMEcat Spezifikation. BMEcat 2005. Veröffentlicht am 04.11.2005, Zugriff erfordert kostenlose Registrierung. http://www.bmecat.org/deutsch/download.asp?id=80&sp=1&pid=%14xutvarp%7Ejfujxxcfdu%7Eivrrvrx%11%7Bad, Abruf am 2006-01-11.

BMEc06a BMEcat.org: Weiterführende Informationen zu BMEcat. http://www.bmecat.org/deutsch/index.asp?main=Detail&pid=%14xutvarp%7Ejfujxxcfdu%7Eivrrvrx%11%7Bad, Abruf am 2006-10-27.

BMEc06b BMEcat.org: BMEcat – Führende Unternehmen einigen sich auf einen Standard für den elektronischen Handel. http://www.bmecat.org/deutsch/index.asp?main=Ueber&pid=, Abruf am 2006-10-27.

BMEc06c BMEcat.org: E-Commerce-Standard openTRANS®. http://www.bmecat.org/deutsch/index.asp?main=OpenTrans&pid=%14xutvarp%7Ejfujxxcfdu%7Eivrrvrx%11%7Bad, Abruf am 2006-10-27.

BMSW05 Burr, Wolfgang; Musil, Antje; Stephan, Michael; Werkmeister, Clemens: Unternehmensführung, Strategien der Gestaltung und des Wachstums von Unternehmen. München 2005.

BMW06 o.V.: BMW Homepage. http://www.bmw.de/, Abruf am 2006-10-27.

BOBS89 Barker, Virginia E.; O'Connor, Dennis E.; Bachant, Judith; Soloway, Elliot: Expert systems for configuration at Digital: XCON and beyond. In: Communications of the ACM 32 (1989) 3, S. 298-318.

BPEL03 o.V.: Business Process Execution Language for Web Services. Version 1.1 vom 5. März 2003. ftp://www6.software.ibm.com/software/developer/library/ws-bpel.pdf, Abruf am 2006-10-27.

BPML02 o.V.: Business Process Modeling Language. November 2002. http://www.bpmi.org/downloads/BPML1.0.zip, Abruf am 2006-10-27.

Bres04 Bresser, Rudi K. F.: Ressourcenbasierter Ansatz. In: Schreyögg, Georg; von Werder, Axel (Hrsg.): Handwörterbuch Unternehmensführung und Organisation. 4. Aufl., Stuttgart 2004, Sp. 1269-1278.

Bret80 Bretzke, Wolf-Rüdiger: Der Problembezug von Entscheidungsmodellen. Tübingen 1980.

Burn93 Burns, Marshall: Automated fabrication, Improving productivity in manufacturing. Englewood Cliffs 1993.

Busc99 Buscher, Udo: CRM durch Mass Customization – Wettbewerbsvorteile durch Mass Customization, ZP-Stichwort. In: Zeitschrift für Planung 10 (1999) 4, S. 449-456.

BuWi95 Buggert, Willy; Wielpütz, Axel: Target Costing. Grundlagen und Umsetzung des Zielkostenmanagements. München 1995.

Cala68 Calabresi, Guido: Transaction Costs, Resource Allocation and Liability Rules – A Comment. In: The Journal of Law and Economics 11 (1968) 11, S. 67-73.

Carl89 Carl, Volker: Problemfelder des internationalen Managements. Herrsching 1989.

Carn93 Carnoy, Martin; Castells, Manuel; Cohen, Stephen S.; Cardoso, Fernando Henrique: The new global economy in the information age - reflections on our changing world, Pennsylvania State University Press University Park. Pennsylvania 1993.

CeMa98 Cezanne, Wolfgang; Mayer, Annette: Neue Institutionenökonomik – Ein Überblick. In: Egonometrica 77 (1998) 11, S. 1345-1353.

CFNO02 Champion, Michael; Ferris, Chris; Newcomer, Eric; Orchard, David: Web Services Architec-ture. W3C Working Draft vom 14. November 2002. http://www.w3.org/TR/2002/WD-ws-arch-20021114, Abruf am 2006-10-27.

ChGr04 Chandra, Charu; Grabis, Janis: Categorization of Mass Customization Research. In: Chandra, Charu; Kamrani, Ali K. (Hrsg.): Mass Customization. A Supply Chain Approach. New York 2004, S. 21-59.

Chri93 Christopher, Martin: Logistics and supply chain management, Strategies for reducing cost and improving service. Irwin, Burr Ridge 1993.

Clar23 Clark, John M.: Studies on Economics of Overhead Costs. Boston 1923.

Clem51 Clemens, Eli: Price discrimination and the Multiple-Product Firm. In: Review of Economic Studies 19 (1951) 1, S. 1-11.

CMRW06 Chinnici, Roberto; Moreau, Jean-Jacques; Ryman, Arthur; Weerawarana, Sanjiva: Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language, W3C Candidate Recommendation vom 6. Januar 2006. http://www.w3.org/TR/2006/CR-wsdl20-20060106, Abruf am 2006-10-27.

Coas37 Coase, Ronald H.: The nature of the firm. In: Economica, Reprint (1965) 4 (1937) 16, S. 386-405.

Coas60 Coase, Ronald H.: The problem of social cost. In: The Journal of Law and Economics 3 (1960) 1, S. 1-44.

Coat95 Coates, Joseph: Customization promises sharp competitive edge. In: Research Technology Management 38 (1995) 6, S. 6-7.

Comm31 Commons, John R.: Institutional Economics. In: The American Economic Review 21 (1931) 4, S. 648-657.

Cors98 Corsten, Hans: Grundlagen der Wettbewerbsstrategie. Stuttgart 1998.

Cors01a Corsten, Hans: Einführung in das Supply Chain Management. München 2001.

Cors01b Corsten, Hans: Dienstleistungsmanagement. München 2001.

CoWi94 Corsten, Hans; Will, Thomas: Wettbewerbsstrategien und Produktionsorganisation. In: Corsten, Hans (Hrsg.): Handbuch Produktionsmanagement, Strategie – Führung – Technologie – Schnittstellen. Wiesbaden 1994, S. 259-273.

CSA06 o.V.: Das CSA-Konzept. Lösungen für variantenreiche Artikel. http://www.gs1-germany.de/internet/content/produkte/ean/ecommerce_edi/csa/index_ger.html, Abruf am 2006-10-27.

cXML06 o.V.: cXML User's Guide Version 1.2.016 vom September 2006. http://xml.cxml.org/current/cXMLUsersGuide.pdf, Abruf am 2006-10-27.

Dahl79 Dahlmann, C. J.: The Problem of Externality. In: The Journal of Law and Economics 22 (1979) 1, S. 141-162.

DaMa97 Davidow, William H.; Malone, Michael S.: Das Virtuelle Unternehmen, Der Kunde als Co-Produzent. Frankfurt, New York 1997.

Davi87 Davis, Stanley M.: Future Perfect. Reading 1987.

Davi96 Davis, Stanley M.: Future Perfect. Reading 1996.

Dell05 o.V.: Dell GmbH. http://www.dell.de/, Abruf am 2006-10-27.

Dems64 Demsetz, Harold: The exchange and enforcement of property rights. In: The Journal of Law and Economics 7 (1964) 7, S. 11-26.

Deut94 Deutsch, Markus: Unternehmenserfolg mit EDI. Strategie und Realisierung des elektronischen Datenaustausches. Wiesbaden 1994.

DiKi05 Dietrich, Andreas J.; Kirn, Stefan: Flexible Wertschöpfungsnetzwerke in der kundenindividuellen Massenfertigung. Ein service-orientiertes Modell für die Schuhindustrie. In: Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J.; Eckert, Sven; Isselhorst, Tilman (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik 2005. eEconomy, eGovernment, eSociety., 7. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2005 (WI2005). Heidelberg 2005, S. 23-42.

DIN96 DIN – Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN EN ISO 10007: Leitfaden für das Konfigurationsmanagement. Berlin 1996.

DiOK05 Dietrich, Andreas J.; Otto, Stephan; Kirn, Stefan: Simulationsmodell für logistische Prozesse in Mass-Customization-Szenarien. In: Kirn, Stefan; Piller, Frank T.; Reichwald, Ralf; Schenk, Michael; Seelmann-Eggebert, Ralph (Hrsg.): Kundenzentrierte Wertschöpfung mit Mass Customization, Kundeninteraktion, Logistik, Simulationssystem und Fallstudien. Magdeburg 2005, S. 118-147.

DuFo96 Dufour, Arnaud; Forte, Maia: Leveraging Mass Customization through Information and Communication Technologies, Arbeitspapier am Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Lausanne. Lausanne 1996.

DuKS96 Durdanovic, Igor; Kleine-Büning, Hans; Suermann, Michael: New Aspects and Applications of Resource-based Configuration, Technischer Bericht tr-rsfb-96-023. http://citeseer.ist.psu.edu/rd/0%2C231724%2C1%2C0.25%2CDownload/ftp%3AqSqqSq ftp.uni-paderborn.deqSqdocqSqtechreportsqSqInformatikqSqtr-rsfb-96-023.ps.Z, Abruf am 2006-06-30.

DUNS05 o.V.: D-U-N-S® Nummer. http://dbgermany.dnb.com/German/DataBase/duns.htm, Abruf am 2006-10-27.

Dürr06 Dürr, Jens: Serviceorientierte Architektur für Mass Customization Wertschöpfungsnetzwerke, Diplomarbeit am Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik II, Universität Hohenheim. Stuttgart-Hohenheim 2006.

DWMB00 Duray, Rebecca; Ward, Peter T.; Milligan, Glenn W.; Berry, William L.: Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. In: Journal of Operations Management 18 (2000) 6, S. 605-625.

EbGo99 Ebers, Mark; Gotsch, Wilfried: Institutionenökonomische Theorien der Organsiation. In: Kieser, Alfred (Hrsg.): Organisationstheorien. 3. Aufl., Stuttgart 1999, S. 199-251.

ebXM01a o.V.: ebXML Technical Architecture Specification v1.0.4 vom 16. Februar 2001. http://www.ebxml.org/specs/ebTA.pdf, Abruf am 2006-10-27.

ebXM01b o.V.: ebXML Business Process Specification Schema 5 Version 1.01 vom 11. Mai 2001. http://www.ebxml.org/specs/ebBPSS.pdf, Abruf am 2006-10-27.

ebXM01c o.V.: ebXML Registry Services Specification. Version 2.0. Approved Committee Specification vom 6. Dezember 2001. http://www.unece.org/cefact/ebxml/Documents/ebrs2.pdf, Abruf am 2006-10-27.

ebXM01d o.V.: ebXML Registry Information Model Version 2.0. Approved Committee Specification vom 18. Dezember 2001. http://www.unece.org/cefact/ebxml/Documents/ebrim2.pdf, Abruf am 2006-10-27.

ebXM02a o.V.: ebXML. Collaboration-Protocol Profile and Agreement Specification Version 2.0 vom 23. September 2002. http://www.ebxml.org/specs/ebcpp-2.0.pdf, Abruf am 2006-10-27.

ebXM02b o.V.: ebXML Message Service Specification. Version 2.0 vom 1. April 2002. http://www.unece.org/cefact/ebxml/Documents/ebMS2.pdf, Abruf am 2006-10-27.

ebXM06 o.V.: About ebXML. http://www.ebxml.org/geninfo.htm, Abruf am 2006-10-27.

eCla06 o.V.: eCl@ss – internationaler Standard zur Klassifizierung und Beschreibung von Produkten und Dienstleistungen. http://www.eclass.de/, Abruf am 2006-10-27.

eCXX03 o.V.: Electronic Catalog XML (eCX XML) 3.6 Specifications vom 13. November 2003. http://www.ecx-xml.org/docs/ecx_3_6_specification.pdf, Abruf am 2006-10-27.

Eise89 Eisenhardt, Kathleen M.: Agency Theory: An Assessment and Review. In: Academy of Management Review 14 (1989) 1, S. 57-74.

EnKR93 Engelhardt, Werner H.; Kleinaltenkamp, Michael; Reckenfelderbäumer, Martin: Leistungsbündel als Absatzobjekte. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf) 45 (1993) 5, S. 395-426.

Erl04 Erl, Thomas: Service-Oriented Architecture, A Field Guide to Integrating XML and Web Services. New Jersey 2004.

ETIM06 o.V.: ETIM Deutschland. Standardisierte Produktdaten für die Elektro-Branche. Online. http://www.etim.de, Abruf am 2006-10-27.

FaJe83a Fama, Eugene F.; Jensen, Michael C.: Seperation of ownership and control. In: The Journal of Law and Economics 26 (1983) 2, S. 301-325.

FaJe83b Fama, Eugene F.; Jensen, Michael C.: Agency Problems and Residual Claims. In: The Journal of Law and Economics 26 (1983) 2, S. 327-349.

FeLe97 Feitzinger, Edward; Lee, Hau L.: Mass Customization at Hewlett-Packard: the power of postponement. In: Harvard Business Review 75 (1997) 1, S. 116-121.

FeLo03 Fettke, Peter; Loos, Peter: Classification of reference models, a methodology and its application. In: Information Systems and e-Business Management 1 (2003) 1, S. 35-53.

Ferb01 Ferber, Jacques: Multiagentensysteme, Eine Einführung in die Verteilte Künstliche Intelligenz. Deutsche Übersetzung: Stefan Kirn. München 2001.

FeSi90 Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J.: Objektmodellierung betrieblicher Informationssysteme im Semantischen Objektmodell (SOM). In: Wirtschaftsinformatik 32 (1990) 6, S. 566-581.

FeSi95 Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J.: Der Ansatz des Semantischen Objektmodells (SOM) zur Modellierung von Geschäftsprozessen. In: Wirtschaftsinformatik 37 (1995) 3, S. 209-220.

FeSi96 Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J.: Geschäftsprozeßmodellierung im Rahmen des Semantischen Objektmodells. In: Vossen, Gottfried; Becker, Jörg (Hrsg.): Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management, Modelle, Methoden, Werkzeuge. Bonn 1996, S. 47-61.

FeSi98 Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. Band 1. München, Wien 1998.

FeSi01 Ferstl, Otto K.; Sinz, Elmar J.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. Band 1. München, Wien 2001.

FFHS98 Fleischanderl, Gerhard; Friedrich, Gerhard; Haselböck, Alois; Schreiner, Herwig; Stumptner, Markus: Configuring Large Systems Using Generative Constraint Satisfaction. In: IEEE Intelligent Systems 13 (1998) 4, S. 59-68.

Flec95 Fleck, Andree: Hybride Wettbewerbsstrategien, Zur Synthese von Kosten- und Differenzierungsvorteilen. Wiesbaden 1995.

FoBa01 Foegen, Malte; Battenfeld, Jörg: Die Rolle der Architektur in der Anwendungsentwicklung. In: Informatik Spektrum 24 (2001) 5, S. 290-301.

GEPA94 Grabowski, Hans; Erb, Jens; Polly, Adam; Anderl, Reiner: STEP – Grundlage der Produktdatentechnologie (1), Aufbau und Entwicklungsmethodik. In: CIM-Management: Produkte, Strategien, Entscheidungshilfen, Gesellschaft für Industrielle Informationstechnik und Organisation 10 (1994) 4, S. 45-51.

GGGP74 Grochla, Erwin; Garbe, Helmut; Gillner, Reinhard; Poths, Willi: Das Kölner Integrationsmodell. In: Grochla, Erwin (Hrsg.): Integrierte Gesamtmodelle der Datenverarbeitung – Entwicklung und Anwendung des Kölner Integrationsmodells (KIM). München 1974, S. 189-421.

Gill74 Gillner, Reinhard: Planung, Realisation und Kontrolle in integrierten Gesamtmodellen der Datenverarbeitung. In: Grochla, Erwin (Hrsg.): Integrierte Gesamtmodelle der Datenverarbeitung – Entwicklung und Anwendung des Kölner Integrationsmodells (KIM). München 1974, S. 61-74.

GiPi97 Gilmore, James H.; Pine II, B. Joseph: The Four Faces of Mass Customization. In: Harvard Business Review 75 (1997) 1, S. 91-101.

GiSt87 Gilbert, Xavier; Strebel, Paul: Strategies to outpace the competition. In: Journal of business strategy 8 (1987) 1 / Sommer, S. 28-36.

Grab04 Grabosch, Uwe: Mass Customization in der privaten Krankenzusatzversicherung. Karlsruhe 2004.

GrAP93 Grabowski, Hans; Anderl, Reiner; Polly, Adam: Integriertes Produktmodell. Berlin 1993.

Gras00 Grasmann, Mathias: Produktkonfiguration auf Basis von Engineering-Data-Management-Systemen – eine Methode zum Aufbau und zur Pflege der Wissensbasis von Konfigurationssystemen und deren Einsatz in Verkaufsprozessen. Paderborn 2000.

GrHa83 Grossman, Sanford; Hart, Oliver D.: An Analysis of the Principal-Agent Problem. In: Econometrica: Journal of the Econometric Society 51 (1983) 1, S. 7-45.

Groc72 Grochla, Erwin: Unternehmungsorganisation, Neue Ansätze und Konzeptionen. Reinbek bei Hamburg 1972.

Groc76 Grochla, Erwin: Organisationstheorie 2. Teilband. Stuttgart 1976.

Gros74 Grosse-Oetringhaus, Wigand F.: Fertigungstypologie unter dem Gesichtspunkt der Fertigungsablaufplanung. Berlin 1974.

GS1D06 o.V.: EAN. http://www.gs1-germany.de/internet/content/produkte/ean/index_ger.html, Abruf am 2006-10-27.

GS1U06 o.V.: GS1 US. http://www.uc-council.org/gs1us.html, Abruf am 2006-10-27.

GüKü99 Günter, Andreas; Kühn, Christian: Knowledge-Based Configuration – Survey and Future Directions. In: Puppe, Frank (Hrsg.): Proceedings of the 5th Biannual German Conference on Knowledge-Based Systems. Würzburg 1999.

Gutz94 Gutzwiller, Thomas: Das CC RIM-Referenzmodell für den Entwurf von betrieblichen, transaktionsorientierten Informationssystemen. Heidelberg 1994.

Hahn75 Hahn, Dietger: Produktionsverfahren (Produktionstypen). In: Grochla, Erwin; Wittmann, Waldemar (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band: 2, GI-Rech. 4. Aufl., Stuttgart 1975, Sp. 3156-3164.

Hahn03 Hahn, Axel: E-Business-Standards für die Kunden-Lieferanten-Integration. In: PPS Management 8 (2003) 1, S. 25-28.

HaHo87 Hart, Oliver D.; Holmström, Bengt R.: The Theory of Contracts. In: Bewley, Truman F. (Hrsg.): Advances in Economic Theory. Fifth World Congress. Cambridge 1987, S. 71-155.

HaMa88 Hax, Arnoldo C.; Majluf, Nicolas S.: Strategisches Management. Frankfurt am Main 1988.

HaMa91 Hax, Arnoldo C.; Majluf, Nicolas S.: Strategisches Management. Ein integratives Konzept aus dem MIT. Frankfurt 1991.

Hamm99 Hammel, Christoph: Generische Spezifikation betrieblicher Anwendungssysteme. Aachen 1999.

HaRi90 Hansen, Hans Robert; Riedl, Rainer: Strategische langfristige Informationssystemplanung (SISP). In: Kurbel, Karl; Strunz, Horst (Hrsg.): Handbuch Wirtschaftsinformatik. Stuttgart 1990, S. 659-682.

Hars94 Hars, Alexander: Referenzdatenmodelle: Grundlagen effizienter Datenmodellierung. Wiesbaden 1994.

Hart89 Hartmann-Wendels, Thomas: Principal-Agent-Theorie und asymmetrische Informationsverteilung. In: Zeitschrift für Betriebwirtschaft, ZFB 59 (1989) 7, S. 715-734.

He03 He, Hao: What is Service-Oriented Architecture. 30.09.2003. http://www.xml.com/pub/a/ws/2003/09/30/soa.html, Abruf am 2006-10-27.

Hedt03 Hedtstück, Ulrich: Einführung in die theoretische Informatik: Formale Sprachen und Automatentheorie. München 2003.

Hein93 Heinrich, Michael: Ressourcenorientiertes Konfigurieren. In: Künstliche Intelligenz 7 (1993) 1, S. 11-15.

Hein99 Heinrich, Lutz J.: Informationsmanagement. München et. al. 1999.

Hein01 Heinrich, Lutz J.: Wirtschaftsinformatik, Einführung und Grundlegung. München, Wien 2001.

Heis02 Heiserich, Otto-Ernst: Logistik: eine praxisorientierte Einführung. Wiesbaden 2002.

HeMF92 Hesse, Wolfgang; Merbeth, Günter; Frölich, Rainer: Software-Entwicklung: Vorgehensmodelle, Projektführung, Produktverwaltung. München 1992.

Hent01 Hentrich, Johannes: B2B-Katalogmanagement. E-Procurement und Sales im Collaborative Business. Bonn 2001.

HePi74 Heinen, Edmund; Picot, Arnold: Können in betriebswirtschaftlichen Kostenauffassungen soziale Kosten berücksichtigt werden? In: Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis. 1974, S. 345-366.

HeRo98 Heinrich, Lutz J.; Roithmayr, Friedrich: Wirtschaftsinformatik-Lexikon. München 1998.

Hild97 Hildebrand, Volker G.: Individualisierung als strategische Option der Marktbearbeitung, Determinanten und Erfolgswirkungen kundenindividueller Marketingkonzepte. Wiesbaden 1997.

Hint82 Hinterhuber, Hans H.: Wettbewerbsstrategie. Berlin 1982.

Hipp00 Hippel, Eric A. von: Toolkits for user innovation. In: Journal of Product Innovation Management 18 (2001) 4, S. 247-257.

Hofm00 Hofmann, Hubert F.: Requirement Engineering. Wiesbaden 2000.

Hols79 Holmström, Bengt R.: Incentive Compensation: Practical Design from a Theory Point of View. In: Nalbantian, Haig R. (Hrsg.): Incentives, Cooperation and Risk Sharing: Economic and Psychological Perspectives on Employment Contracts. New York 1987, S. 176-185.

Huhn03 Huhns, Michael N.: Software Agents: The Future of Web Services. In: Tianfield, Huaglory; Unland, Rainer (Hrsg.): Agent Technologies, Infrastructures, Tools, and Applications for E-Services. Berlin 2001, S. 1-18.

HüLW02 Hümmer, Wolfgang; Lehner, Wolfgang; Wedekind, Hartmut: Contracting in the Days of eBusiness. In: ACM Sigmod Record 31 (2002) 1.

Hümm04 Hümmer, Wolfgang: Vertragsverhandlungen um konfigurierbare Produkte im elektronischen Handel, Dissertation an der Universtität Erlangen-Nürnberg. http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2004/92/, Abruf am 2006-10-27.

IEEE90 IEEE: IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology, IEEE Std 610.12-1990. New York 1990.

IEEE00 IEEE: IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems, IEEE Std 1471-2000. Approved 21. September 2000. http://www.win.tue.nl/~mchaudro/sa2005/ieee1471.pdf, Abruf am 2006-01-10.

ILN06 o.V.: Die Internationale Lokationsnummer (ILN). http://www.gs1-germany.de/internet/content/produkte/ean/identsysteme/iln/index_ger.html, Abruf am 2006-10-27.

Indi06 o.V.: Individual Compact Disc. http://www.individual-cd.de/, Abruf am 2006-10-27.

Jaco95 Jacob, Frank: Produktindividualisierung: ein Ansatz zur innovativen Leistungsgestaltung im Business-to-Business-Bereich. Wiesbaden 1995.

Jäge04 Jäger, Stephan: Absatzsysteme für Mass Customization, Am Beispiel individualisierter Lebensmittelprodukte. Wiesbaden 2004.

JaKä03 Jahns, Christopher; Kästle, Lars: Supply Chain Management. Der Paradigmenwechsel vom Einkauf zum Supply Management unter besonderer Berücksichtigung von Best Practices. In: Jahns, Christopher; Heim, Gerhard (Hrsg.): Handbuch Management. Mit Best Practice zum Managementerfolg. Stuttgart 2003, S. 213-242.

JeMe76 Jensen, Michael C.; Meckling, William H.: Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. In: Journal of Financial Economics 3 (1976) 4, S. 305-360.

JLMP03 Janitza, Dennis; Lacher, Martin; Maurer, Maik; Pulm, Udo; Rudolf, Henning: A Product Model for Mass Customisation Products. In: Proceedings of the Conference on Knowledge-Based Intelligent Information & Engineering Systems. Oxford (UK) 2003, S. 1023-1029.

Jost94 Jost, Wolfgang: Das ARIS-Toolset: Eine neue Generation von Reengineering-Werkzeugen, SzU, Bd. 53. In: Scheer, August-Wilhelm (Hrsg.): Prozeßorientierte Unternehmensmodellierung: Grundlagen – Werkzeuge – Anwendungen, Schriften zur Unternehmensführung, Band 53. Wiesbaden 1994, S. 77-99.

JPMM04 Jablonski, Stefan; Petrov, Ilia; Meiler, Christian; Mayer, Annette: Guide to Web application and platform architectures. Berlin 2004.

Kaas92 Kaas, Klaus Peter: Kontraktgütermarketing als Kooperation zwischen Prinzipalen und Agenten. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf) 44 (1992) 10, S. 884-901.

Kaas95a Kaas, Klaus Peter: Informationsökonomik. In: Tietz, Bruno; Köhler, Richard; Zentes, Joachim (Hrsg.): Handwörterbuch des Marketing, Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre (Band 4). 2. Aufl., Stuttgart 1995, Sp. 971-981.

Kaas95b Kaas, Klaus Peter: Marketing und Neue Institutionenökonomik. In: Kontrakte, Geschäftsbeziehungen, Netzwerke – Marketing und neue Institutionenökonomik, ZfbF-Sonderheft (1995) 35, S. 1-17.

KaBü05 Kastens, Uwe; Büning, Hans Kleine: Modellierung – Grundlagen und formale Methoden. München 2005.

Kalu95 Kaluza, Bernd: Wettbewerbsstrategien und sozio-ökonomischer Wandel. In: Corsten, Hans (Hrsg.): Produktion als Wettbewerbsfaktor, Beiträge zur Wettbewerbs- und Produktionsstrategie. Ein Reader. Wiesbaden 1995, S. 85-98.

Kalu96 Kaluza, Bernd: Dynamische Produktdifferenzierungsstrategie und moderne Produktionssysteme. In: Wildemann, Horst (Hrsg.): Produktions- und Zuliefernetzwerke. München 1996, S. 191-234.

KäPT01 Kärkkäinen, Hannu; Piippo, Petteri; Tuominen, Markku: Ten tools for customer-driven product development in industrial companies. In: International Journal of Production Economics 74 (2001) 2 (69. Jg.), S. 161-176.

KDPT02 Kirn, Stefan; Dietrich, Andreas J.; Pawlaszczyk, Dirk; Timm, Ingo J.: Bericht der TU Ilmenau. In: Entwicklung und Optimierung der Logistikstrukturen für Mass Customization in der Schuhindustrie, Bericht zum 1. Meilensteintreffen des BMBF-Forschungsprojektes „EwoMacs“ am 9./10. Dezember 2002. Magdeburg 2002, S. 55-123.

KlBu96 Kleinaltenkamp, Michael; Burghard, Wolfgang: Standardisierung und Individualisierung – Bestimmung der Schnittstelle zum Kunden. In: Kleinaltenkamp, Michael; Fließ, Sabine; Jacob, Frank (Hrsg.): Customer Integration – Von der Kundenorientierung zur Kundenintegration. Wiesbaden 1996, S. 163-176.

Klei96a Klein, Stefan: Interorganisationssysteme und Unternehmensnetzwerke: Wechselwirkungen zwischen organisationaler und informationstechnischer Entwicklung. Wiesbaden 1996.

Klei96b Kleinaltenkamp, Michael: Customer Integration - Kundenintegration als Leitbild für das Business-to-Business-Marketing. In: Kleinaltenkamp, Michael; Fließ, Sabine; Jacob, Frank (Hrsg.): Customer Integration – Von der Kundenorientierung zur Kundenintegration. Wiesbaden 1996, S. 13-24.

KlMa95 Kleinaltenkamp, Michael; Marra, A.: Institutionenökonomische Aspekte der "Customer Integration". In: Kaas, Klaus Peter (Hrsg.): Kontrakte, Geschäftsbeziehungen, Netzwerke – Marketing und neue Institutionenökonomik, ZfbF-Sonderheft. Düsseldorf 1995, S. 101-117.

Klug02 Kluge, Friedrich: Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache. Berlin 2002.

Knol99 Knolmayer, Gerhard F.: Kundenorientierung, Mass Customization und optimale Variantenvielfalt. In: Grünig, Rudolf; Kühn, Richard (Hrsg.): Strategisches Management und Marketing, Festschrift für Richard Kühn zum 60. Geburtstag. Bern 1999, S. 67-91.

Knol02 Knolmayer, Gerhard F.: On the Economics of Mass Customization. In: Rautenstrauch, Claus; Seelmann-Eggebert, Ralph; Turowski, Klaus (Hrsg.): Moving into Mass Customization. Information Systems and Management Principles. Berlin 2002, S. 3-17.

Knyp04 zu Knyphausen-Aufseß, Dodo: Strategisches Management. In: Schreyögg, Georg; von Werder, Axel (Hrsg.): Handwörterbuch Unternehmensführung und Organisation. 4. Aufl., Stuttgart 2004, Sp. 1383-1391.

KöHe71 Köster, Walter; Hetzel, Friedrich: Datenverarbeitung mit System. Neuwied, Berlin 1971.

KoLe04 Kossmann, Donald; Leymann, Frank: Web Services. In: Informatik Spektrum 27 (2004) 2, S. 168-171.

Kolk90 Kolks, Uwe: Strategieimplementierung: ein anwenderorientiertes Konzept. Wiesbaden 1990.

Koop57 Koopmans, Tjalling Charles: Three essays on the state of economic science. New York 1957.

Koth95 Kotha, Suresh: Mass Customization: Implementing the Emerging Paradigm for Competitive Advantage. In: Strategic Management Journal 16 (1995) Special Summer Issue, S. 21-42.

KPRS05 Kirn, Stefan; Piller, Frank T.; Reichwald, Ralf; Schenk, Michael; Seelmann-Eggebert, Ralph: Kundenzentrierte Wertschöpfung mit Mass Customization, Kundeninteraktion, Logistik, Simulationssystem und Fallstudien. Magdeburg 2005.

Krcm90 Krcmar, Helmut: Bedeutung und Ziele von Informationssystem-Architekturen. In: Wirtschaftsinformatik 32 (1990) 5, S. 395-402.

Kreu05 Kreuzer, Michael: Die praktische Relevanz von Mass Customization, Die individuellen Bedürfnisse des Kunden – oder der Kunde als Lemming? Bern 2005.

KrSc99 Krcmar, Helmut; Schwarzer, Bettina: Wirtschaftsinformatik. Grundzüge der betrieblichen Datenverarbeitung. Stuttgart 1999.

Kubi91 Kubicek, Herbert: Der überbetriebliche Informationsverbund als Herausforderung an die Organisationsforschung und -praxis. In: IM Information Management 6 (1991) 2, S. 6-15.

Kühn91 Kühn, Richard: Methodische Überlegungen zum Umgang mit der Kundenorientierung im Marketing-Management. In: Marketing: Zeitschrift für Forschung und Praxis 13 (1991) 2, S. 97-107.

Kurt05 Kurth, Andreas: Agency-Probleme und Performance von Initial Public Offerings, Eine empirische Untersuchung von Unternehmen des Neuen Marktes. Wiesbaden 1995.

KuSt90 Kurbel, Karl; Strunz, Horst: Wirtschaftsinformatik – eine Einführung. In: Kurbel, Karl; Strunz, Horst (Hrsg.): Handbuch Wirtschaftsinformatik. Stuttgart 1990, S. 3-25.

LaMi96 Lampel, Joseph; Mintzberg, Henry: Customizing customization. In: Sloan Management Review 37 (1996) 1, S. 21-30.

Laux05 Laux, Helmut: Grundlagen der Organisation: die Steuerung von Entscheidungen als Grundproblem der Betriebswirtschaftslehre. Berlin 2005.

Leuk04 Leukel, Jörg: Katalogdatenmanagement im B2B E-Commerce. Köln 2004.

LHMa95 Lehner, Franz; Hildebrand, Knut; Maier, Roland: Wirtschaftsinformatik, Theoretische Grundlagen. München, Wien 1995.

Lint01 Linthicum, David S.: B2B Application Integration, e-business-enable your enterprise. Boston 2001.

LoWi03 Lopitzsch, Jens R.; Wiendahl, Hans-Peter: Segmented Adaptive Production Control: Enabling mass customization manufacturing. In: Tseng, Mitchell M.; Piller, Frank T. (Hrsg.): The customer centric enterprise: advances in mass customization and personalization. Berlin 2003, S. 381-394.

MaKö04 Marr, Rainer; Kötting, Marcus: Organisatorische Implementierung. In: Frese, Erich (Hrsg.): Handwörterbuch der Organisation, Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre (Band 2). 3. Aufl., Stuttgart 1992, Sp. 827-841.

Malm61 Malmgren, Harold B.: Information, Expectations and the Theory of the Firm. In: Journal of Economics 75 (1961) 3, S. 399-421.

Mane03 Manes, Anne Thomas: Web Services: A Manager's Guide. Boston 2003.

MaRe02 Maier, Mark W.; Rechtin, Eberhardt: The Art of Systems Architecting. Boca Raton 2003.

Maye93 Mayer, Rainer: Strategien erfolgreicher Produktgestaltung: Individualisierung und Standardisierung. Wiesbaden 1993.

MeHo92 Mertens, Peter; Holzner, Jochen: Eine Gegenüberstellung von Integrationsansätzen der Wirtschaftsinformatik, WI – State of the Art. In: Wirtschaftsinformatik 34 (1992) 1, S. 5-25.

Mert95 Mertens, Peter: Mass Customization (Massen-Maßfertigung). In: Wirtschaftsinformatik 37 (1995) 5, S. 503-506.

Mert01 Mertens, Peter: Integrierte Informationsverarbeitung 1. Wiesbaden 2001.

MiFa90 Mittal, Sanjay; Falkenheimer, Brian: Dynamic Constraint Satisfaction Problem. In: Proceedings of the 18th National Conference Artificial Intelligence. Boston 1990, S. 25-32.

MiFr89 Mittal, Sanjay; Frayman, Felix: Towards a Generic Model of Configuration Tasks. In: Proceedings of the 11th International Joint Conference Artifical Intelligence. San Francisco 1989, S. 1395-1401.

Mint78 Mintzberg, Henry: Patterns in strategy formation. In: Management Science 24 (1978) 9, S. 934-948.

MiWa85 Mintzberg, Henry; Waters, James A.: Of Strategies, Deliberate and Emergent. In: Strategic Management Journal 6 (1985) 3, S. 257-272.

Morr67 Morris, William T.: On the art of modeling. In: Management Science 13 (1967) 12, S. 707-717.

MRSS00 Meyr, Herbert; Rohde, Jens; Stadtler, Hartmut; Sürie, Christopher: Supply Chain Analysis. In: Stadtler, Hartmut; Kilger, Christoph (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning, Concept, Models, Software and Case Studies. Berlin 2000, S. 29-56.

Müll86 Müller-Hagedorn, Lothar: Das Konsumentenverhalten: Grundlagen für die Marktforschung. Wiesbaden 1986.

Müll98 Müller, Wolfgang: Metamodellierung als Instrument der Verknüpfung von Unternehmensmodellen. Berlin 1998.

Müll00 Müller, Johann-Adolf: Systems Engineering, Prinzipien und Methoden der Systementwicklung. Wien 2000.

NAIC06 o.V.: North American Industry Classification System (NAICS). http://www.census.gov/epcd/www/naics.html, Abruf am 2006-10-27.

NAPC06 o.V.: North American Product Classification System. http://www.census.gov/eos/www/napcs/napcs.htm, Abruf am 2006-10-27.

Neus03 Neus, Werner: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Tübingen 2003.

ÖBGG96 Österle, Hubert; Brenner, Claudia; Gaßner, Christian; Gutzwiller, Thomas; Hess, Thomas: Business Engineering – Prozeß- und Systementwicklung, Band 2: Fallbeispiel. Berlin 1996.

Oest98 Oestereich, Bernd: Objekt-orientierte Softwareentwicklung, Analyse und Design mit der Unified Modeling Language. München 1998.

Olem95 Olemotz, Thomas: Strategische Wettbewerbsvorteile durch industrielle Dienstleistungen. Frankfurt am Main 1995.

Öste95 Österle, Hubert: Business Engineering – Prozeß- und Systementwicklung, Band 1: Entwurfstechniken. Berlin 1995.

Ostr99 Ostrom, Elinor: Die Verfassung der Allmende, Jenseits von Staat und Markt. Tübingen 1999.

Ouch80 Ouchi, William G.: Markets, Bureaucracies and Clans. In: Administrative Science Quarterly 25 (1980) 3, S. 129-141.

Pico77 Picot, Arnold: Betriebswirtschaftliche Umweltbeziehungen und Umweltinformationen. Berlin 1977.

Pico81 Picot, Arnold: Der Beitrag der Theorie der Verfügungsrechte zur ökonomischen Analyse von Unternehmungsverfassungen. In: Bohr, Kurt; Drukarczyk, Jochen; Drumm, Hans Jürgen; Scherrer, Gerhard (Hrsg.): Unternehmungsverfassung als Problem der Betriebswirtschaftslehre, wissenschaftliche Tagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft, Regensburg. Berlin 1981, S. 153-197.

Pico82 Picot, Arnold: Transaktionskostenansatz in der Organisationstheorie, Stand der Diskussion und Aussagewert. In: Die Betriebswirtschaft 42 (1982) 2, S. 267-284.

Pico93 Picot, Arnold: Transaktionskostenansatz. In: Wittmann, Waldemar; Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band: 3, R-Z. 5. Aufl., Stuttgart 1993, Sp. 4193-4204.

Pico99 Picot, Arnold: Organisation. In: Bitz, Michael; Dellmann, Klaus; Domsch, Michel; Wagner, Franz W. (Hrsg.): Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre. Band 2. 4. Aufl., München 1999, S. 107-180.

Pill97 Piller, Frank T.: Kundenindividuelle Produkte von der Stange. Mass Customization. In: Harvard Business Manager 19 (1997) 3, S. 15-26.

Pill98 Piller, Frank T.: Kundenindividuelle Massenproduktion, Die Wettbewerbsstrategie der Zukunft. München 1998.

Pill01a Piller, Frank T.: Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. Wiesbaden 2001.

Pill01b Piller, Frank T.: CRM durch Mass Customization - Wettbewerbsvorteile durch Mass Customization. In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik 38 (2001) 221, S. 47-56.

Pill01c Piller, Frank T.: Strategien zur effizienten Individualisierung von Dienstleistungen. In: Industrie Management 17 (2001) 2, S. 13-17.

Pill03 Piller, Frank T.: Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. Wiesbaden 2003.

PiMö02 Piller, Frank T.; Möslein, Katrin: Economies Of Interaction And Economies Of Relationship: Value Drivers In A Customer Centric Economy. In: Bamber, Greg; Lamond, David (Hrsg.): Proceedings of the ANZAM-IFSAM Conference 2002, 9. - 12. Juli 2002. Brisbane 2002.

Pine93 Pine II, B. Joseph: Mass customization: the new frontier in business competition. Boston 1993.

Pine94 Pine II, B. Joseph: Maßgeschneiderte Massenfertigung. Wien 1994.

PiRW03 Picot, Arnold; Reichwald, Ralf; Wigand, Rolf: Die grenzenlose Unternehmung: Information, Organisation und Management, Lehrbuch zur Unternehmensführung im Informationszeitalter. Wiesbaden 2003.

PiSt02 Piller, Frank T.; Stotko, Christof M.: Mass Customization: four approaches to deliver customized products and services with mass production efficiency. In: Proceedings to the 2002 IEEE International Engineering Management Conference, Managing Technology for the New Economy. Cambridge 2002, S. 773-778.

PiZa01 Piller, Frank T.; Zanner, Stefan: Mass Customization und Personalisierung im Electronic Business. In: Das Wirtschaftsstudium: WISU, Zeitschrift für Ausbildung, Examen und Weiterbildung 30 (2001) 1, S. 88-96.

PMSt04 Piller, Frank T.; Möslein, Katrin; Stotko, Christof M.: Does mass customization pay? An economic approach to evaluate customer integration. In: Production Planning & Control 15 (2004) 4, S. 435-444.

PoKe02 Pohjonen, Risto; Kelly, Steven: Domain Specific Modeling. In: Dr. Dobb's Journal. 1. Juli 2001, Zugriff erfordert kostenlose Registrierung. http://www.ddj.com/documents/s=7453/ddj0208b/0208b.htm, Abruf am 2006-10-27.

Port92 Porter, Michael: Wettbewerbsvorteile, Spitzenleistungen erreichen und behaupten. Frankfurt/Main, New York 1992.

Port99a Porter, Michael: Wettbewerbsvorteile, Spitzenleistungen erreichen und behaupten. Frankfurt/Main, New York 1999.

Port99b Porter, Michael: Wettbewerbsstrategie. Frankfurt am Main 1999.

prof06 o.V.: proficl@ss International e.V. http://www.proficlass.de/, Abruf am 2006-10-27.

PrPr97 Proff, Heike; Proff, Harald V.: Möglichkeiten und Grenzen hybrider Strategien – dargestellt am Beispiel der deutschen Automobilindustrie. In: Die Betriebswirtschaft 57 (1997) 6, S. 796-809.

Pupp90 Puppe, Frank: Problemlösungsmethoden in Expertensystemen. Berlin 1990.

QLMc03 Qiao, Guixiu; Lu, Hongjun; McLean, Charles: Flexible Manufacturing System for Mass Customization Manufacturing. In: Piller, Frank T.; Tseng, Mitchell M. (Hrsg.): Proceedings of the 2003 World Congress on Mass Customization and Personalization (MCPC2003). München 2003.

Rams79 Ramser, H. J.: Eigenerstellung oder Fremdbezug von Leistungen. In: Kern, Werner (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. Stuttgart 1979, S. 435-450.

Rauh90 Rauh, Otto: Informationsmanagement im Industriebetrieb – Lehrbuch der Wirtschaftsinformatik auf der Grundlage der integrierten Datenverarbeitung. Herne, Berlin 1990.

ReBe94 Reiß, Michael; Beck, Thilo C.: Mass Customization, Ein Weg zur wettbewerbsfähigen Fabrik. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung 89 (1994) 11, S. 570-573.

Reim69 Reimer, Hans: Die Entstehung und ursprüngliche Bedeutung des Names Metaphysik. In: Hager, Fritz-Peter (Hrsg.): Metaphysik und Theologie des Aristoteles. Darmstadt 1969, S. 139-174.

Reit04 Reiter, Michael: Traum von flexiblen Abläufen rückt näher. In: Computer Zeitung 35 (2004) 18, S. 1.

RePi03 Reichwald, Ralf; Piller, Frank T.: Von Massenproduktion zu Co-Produktion – Kunden als Wertschöpfungspartner. In: Wirtschaftsinformatik 45 (2003) 5, S. 515-519.

RiFu99 Richter, Rudolf; Furubotn, Eirik G.: Neue Institutionenökonomik. Tübingen 1999.

RoMü96 Rosemann, Michael; zur Mühlen, Michael: Der Lösungsbeitrag von Metadatenmodellen beim Vergleich von Workflowmanagementsystemen, Arbeitsbericht Nr. 48 des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Universität Münster. Münster 1996.

Rose92 Rose, Thomas: Entscheidungsorientiertes Konfigurationsmanagement. Berlin 1992.

Rosm96 Rosemann, Michael: Komplexitätsmanagement in Prozessmodellen, Methodenspezifische Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung. Wiesbaden 1996.

RosN05 o.V.: RosettaNet Corporate Brochure. http://www.rosettanet.org/RosettaNet/Doc/0/27ICVF1NGBR478OFKM4EV0VH71/007912+RosettaNet+Corporate+Brochure+6-23-04.pdf, Abruf am 2005-02-19.

RosN06 o.V.: RosettaNet Partner Interface Processes. http://www.rosettanet.org/pips, Abruf am 2006-10-27.

Ross73 Ross, Stephen A.: The Economic Theory of Agency: The Principal's Problem. In: The American Economic Review 63 (1973) 2, S. 134-139.

RPEG00 Reinhart, Gunther; Piller, Frank T.; Effert, Christian; Grundwald, Stefan; Wagner, Wolfgang: Minifabriken für die marktnahe Produktion. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung 95 (2000) 12, S. 597-601.

RPMö02a Reichwald, Ralf; Piller, Frank T.; Möslein, Katrin: Information as a critical success factor for mass customization, or: why even a customized shoe not always fits. http://www.open-innovation.com/download/asac-ifsam2000.pdf, Abruf am 2006-10-27.

RPMö02b Reichwald, Ralf; Piller, Frank T.; Möslein, Katrin: Mass customization concepts for the e-conomy, Four Strategies to Create Competitive Advantage With Customized Goods and Services on the Internet. http://www.aib.wiso.tu-muenchen.de/piller/download/pil2001-1.pdf, Abruf am 2002-03-11.

SaFr96 Sabin, Daniel; Freuder, Eugene C.: Configuration as Composite Constraint Satisfaction. In: Configuration. Papers from the 1996 Fall Symposium, Technischer Bericht FS-96-03. http://citeseer.ist.psu.edu/sabin96configuration.html, Abruf am 2006-06-30.

Sanc00 Sanchez, Ron: Modular architectures, knowledge assets and organizational learning:, new management processes for product creation. In: International Journal Technology Management 19 (2000) 6, S. 610-629.

SaWe98 Sabin, Daniel; Weigel, Rainer: Product Configuration Frameworks – A Survey. In: IEEE Intelligent Systems 13 (1998) 4, S. 42-49.

SCCo06 o.V.: Supply-Chain Council: Supply-Chain Operations Reference-model, SCOR Version 8.0 Overview. Zugriff erfordert kostenlose Registrierung. http://www.supply-chain.org/galleries/default-file/SCOR%208%200%20Reference%20Guide.pdf, Abruf am 2006-10-27.

Scha93 Schauenberg, Bernd: Theorie der Unternehmung. In: Wittmann, Waldemar; Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Band: 3, R-Z. 5. Aufl., Stuttgart 1993, Sp. 4168-4182.

Scha95 Schauenberg, Bernd: Unternehmerfunktionen, Marktprozesse und Spieltheorie. In: Elschen, Rainer; Siegel, Theodor; Wagner, Franz W. (Hrsg.): Unternehmenstheorie und Besteuerung. Wiesbaden 1995, S. 515-547.

Scha96 Schauenberg, Bernd: Personalwirtschaftslehre und ökonomische Theorien. In: Weber, Wolfgang (Hrsg.): Grundlagen der Personalwirtschaft. Wiesbaden 1996, S. 341-372.

Scha98 Schauenberg, Bernd: Gegenstand und Methoden der Betriebswirtschaftslehre. In: Bitz, Michael; Dellmann, Klaus; Domsch, Michel; Wagner, Franz W. (Hrsg.): Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre. 4. Aufl., München 1998, S. 1-56.

Sche90 Scheer, August-Wilhelm: CIM (Computer Integrated Manufacturing) – Der computergestützte Industriebetrieb. Berlin 1990.

Sche95 Scheer, August-Wilhelm: Wirtschaftsinformatik. Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. Berlin 1995.

Sche97a Scheer, August-Wilhelm: Wirtschaftsinformatik, Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. Berlin 1997.

Sche97b Scheckenbach, Rainer: Semantische Geschäftsprozessintegration. Wiesbaden 1997.

Sche98 Scheer, August-Wilhelm: ARIS – Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem. Berlin 1998.

Sche99 Scheer, August-Wilhelm: ARIS – House of Business Engineering: Konzept zur Beschreibung und Ausführung von Referenzmodellen. In: Becker, Jörg; Rosemann, Michael; Schütte, Reinhard (Hrsg.): Referenzmodellierung: State of the Art und Entwicklungsperspektiven. Heidelberg 1999, S. 2-21.

Schi02 Schichtel, Markus: Produktdatenmodellierung in der Praxis. München 2002.

Schm92 Schmidt, Reinhard H.: Transaktionskostenorientierte Organisationstheorie. In: Frese, Erich (Hrsg.): Handwörterbuch der Organisation, Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre (Band 2). 3. Aufl., Stuttgart 1992, Sp. 1854-1865.

Schn97 Schnäbele, Peter: Mass Customized Marketing, Effiziente Individualisierung von Vermarktungsobjekten und -prozessen. Wiesbaden 1997.

Scho90 Scholz-Reiter, B.: CIM-Informations- und Kommunikationssysteme, Darstellung von Methoden und Konzeption eines rechnergestützten Werkzeugs für die Planung. München, Wien 1990.

Schö00 Schönsleben, Paul: Integrales Logistikmanagement: Planung und Steuerung von umfassenden Geschäftsprozessen. Berlin 2000.

Schu77 Schuke, Andreas: Theorie des Unternehmens, Eine Untersuchung des approximativen Erklärungswertes des traditionellen ökonomischen Modells. Frankfurt 1977.

Schu99 Schuh, Günther: Logistik in der Virtuellen Fabrik. In: Schulte, Christof (Hrsg.): Lexikon der Logistik. München 1999, S. 416-423.

Schu01 Schulze, Dirk: Grundlagen der wissensbasierten Konstruktion von Modellen betrieblicher Systeme. Aachen 2001.

Schü98 Schütte, Reinhard: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung, Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Wiesbaden 1998.

Schw98 Schwarze, Jochen: Informationsmanagement, Planung, Steuerung, Koordination und Kontrolle der Informationsversorgung im Unternehmen. Herne 1998.

Schw00 Schwarze, Jochen: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. Herne 2000.

ScJo96 Scheer, August-Wilhelm; Jost, Wolfgang: Geschäftsprozeßmodellierung innerhalb einer Unternehmensarchitektur. In: Vossen, Gottfried; Becker, Jörg (Hrsg.): Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management, Modelle, Methoden, Werkzeuge. Bonn 1996, S. 29-46.

ScKr04 Schwarzer, Bettina; Krcmar, Helmut: Wirtschaftsinformatik. Grundzüge der betrieblichen Datenverarbeitung. Stuttgart 2004.

ScRo90 Scherer, Frederic M.; Ross, David: Industrial Market Structure and Economic Performance. Boston 1990.

ScSe02 Schenk, Michael; Seelmann-Eggebert, Ralph: Mass Customization Facing Logistics Challenges. In: Rautenstrauch, Claus; Seelmann-Eggebert, Ralph; Turowski, Klaus (Hrsg.): Moving into Mass Customization. Information Systems and Management Principles. Berlin 2002, S. 41-57.

Shep97 Shepherd, William G.: The economics of industrial organization, analysis, markets, policies. Upper Saddle River, NJ 1997.

SiMu97 Simon, Bernd; Mummendey, Amélie: Selbst, Identität und Gruppe: Eine sozialpsychologische Analyse des Verhältnisses von Individuum und Gruppe. In: Mummendey, Amélie; Simon, Bernd (Hrsg.): Identität und Verschiedenheit, zur Sozialpsychologie der Identität in komplexen Gesellschaften. Bern 1997, S. 11-38.

Sinz99 Sinz, Elmar J.: Architektur von Informationssystemen. In: Rechenberg, Peter; Pomberger, Gustav (Hrsg.): Informatik-Handbuch. 2. Aufl., München 1999, S. 1035-1047.

Sinz02 Sinz, Elmar J.: Architektur von Informationssystemen. In: Rechenberg, Peter; Pomberger, Gustav (Hrsg.): Informatik-Handbuch. 3. Aufl., München 2002, S. 1055-1068.

Smit74 Smith, Adam: Der Wohlstand der Nationen, Eine Untersuchung seiner Natur und seiner Ursachen. Übersetzung: Horst Claus Recktenwald. München 1974.

Smit80 Smith, Reid G.: The contract net protocol. High level communication and control in a distributed problem solver. In: IEEE Transactions on Computers 29 (1980) 12, S. 1104-1113.

SoZa92 Sowa, John F.; Zachman, John A.: Extending and formalizing the framework for information systems architecture. In: IBM Systems Journal 31 (1992) 3, S. 590-616.

Spen73 Spence, Michael: Job Market Signaling. In: Quarterly Journal of Economics 87 (1973) 3, S. 355-374.

SpKN03 Spath, Dieter; Kürümlüoglu, Mehmet; Nøstdal, Rita: Mass Customization in der Schuhindustrie: Der kundenindividuell gefertigte Schuh. In: Reinhart, Gunther; Zäh, Michael F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin 2003, S. 375-384.

Spöh95 Spöhring, Walter: Qualitative Sozialforschung. Stuttgart 1995.

SpWi04 Sprott, David; Wilkes, Lawrence: Understanding Service-Oriented Architecture. Januar 2004. http://msdn.microsoft.com/library/en-us/dnmaj/html/aj1soa.asp, Abruf am 2006-10-27.

Stac73 Stachowiak, Herbert: Allgemeine Modelltheorie. Wien 1973.

Stad00 Stadtler, Hartmut: Supply Chain Management – An Overview. In: Stadtler, Hartmut; Kilger, Christoph (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning, Concept, Models, Software and Case Studies. Berlin 2000, S. 7-28.

Sten99 von Stengel, Rüdiger: Logistiknetzwerke. In: Weber, Jürgen; Baumgarten, Helmut (Hrsg.): Handbuch Logistik. Stuttgart 1999, S. 910-923.

Stra96 Strahringer, Susanne: Metamodellierung als Instrument des Methodenvergleichs, Eine Evaluierung am Beispiel objektorientierter Analysemethoden. Aachen 1996.

Stro98 Strobl, Georg: Entwicklung und Wiederverwendung wissensbasierter Produktmodelle auf der Grundlage formaler Ontologien. München 1998.

Stum97 Stumptner, Markus: An overview of knowledge-based configuration. In: AI Communications 10 (1997) 2, S. 111-125.

Thal03 Thaler, Klaus: Supply chain management. Prozessoptimierung in der logistischen Kette. Troisdorf 2003.

Thom93 Thomé, Bernhard: Systems engineering. Principles and practice of computer based systems engineering. Chichester 1993.

Thom06 o.V.: ThomasNet. http://www.thomasnet.com, Abruf am 2006-10-27.

Toff70 Toffler, Alvin: Future Shock. New York 1970.

Toff71 Toffler, Alvin: Der Zukunftsschock. Bern 1971.

ToKe04 Tolvanen, Juha-Pekka; Kelly, Steven: Domänenspezifische Modellierung. In: Objekt Spektrum 11 (2004) 4, S. 31-35.

TsJi96 Tseng, Mitchell M.; Jiao, Jianxin: Design for Mass Customization. In: CIRP annals 45 (1996) 1, S. 153-156.

Turo02 Turowski, Klaus: Agent-based E-Commerce in Case of Mass Customization – Preprint. In: International Journal of Production Economics 75 (2002) 1-2, S. 69-81.

UDDI00 o.V.: UDDI. Technical White Paper vom 6. September 2000. http://www.uddi.org/pubs/Iru_UDDI_Technical_White_Paper.pdf, Abruf am 2006-06-30.

Ulri95 Ulrich, Karl: The role of product architecture in the manufacturing firm. In: Research Policy 24 (1995) 3, S. 419-440.

UML06 Object Management Group: Unified Modeling Language. UML™ Resource Page. Getting Started with UML. http://www.uml.org/, Abruf am 2006-10-27.

UNSP06 o.V.: United Nations Standard Products and Services Code. http://www.unspsc.org, Abruf am 2006-10-27.

Vahr99 Vahrenkamp, Richard: Supply Chain Management. In: Weber, Jürgen; Baumgarten, Helmut (Hrsg.): Handbuch Logistik. Stuttgart 1999, S. 308-321.

VaRi63 Vaszonyi, A.; Riedler, W.: Die Planungsrechnung in Wirtschaft und Industrie. Wien 1963.

VDA05 o.V.: Verband der Automobilindustrie: Jahresbericht Auto 2005. Frankfurt am Main 2005.

WaNo86 Wallis, John J.; North, Douglass C.: Measuring the Transaction Sector in the American Economy, 1870-1970. In: Engerman, Stanley L.; Gallman, Robert E. (Hrsg.): Long-Term Factors in American Economic Growth, Studies in Income and Wealth. No. 51. Chicago / London 1986, S. 95-161.

WeAd95 Weiber, Rolf; Adler, Jost: Positionierung von Kaufprozessen im informationsökonomischen Dreieck: Operationalisierung und verhaltenswissenschaftliche Prüfung. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf) 47 (1995) 2, S. 99-123.

Wede89 Wedekind, Hartmut: Konstruktionserklären und Konstruktionsverstehen. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung und Automatisierung 84 (1989) 11, S. 523-629.

Welg92 Welge, Martin K.: Planung: Prozesse – Strategien – Maßnahmen. Wiesbaden 1992.

Welk85 Welkener, Burkhard: Organisation der Produktion in Industrieunternehmen mit Groß-Serien- und Massenproduktion unter besonderer Berücksichtigung internationaler Standortstruktur. Gießen 1985.

WeMü81 Wedekind, Hartmut; Müller, T.: Stücklistenorganisation bei einer großen Variantenzahl. In: Angewandte Informatik 23 (1981) 9, S. 377-383.

Wern84 Wernerfelt, Birger: A resource-based view of the firm. In: Strategic Management Journal 5 (1984) 5, S. 171-180.

Wern02 Werner, Hartmut: Supply chain Management. Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling. Wiesbaden 2002.

WeTe88 Wenger, Ekkehard; Terberger, Eva: Die Beziehung zwischen Agent und Prinzipal als Baustein einer ökonomischen Theorie der Organisation. In: WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium 17 (1988) 10, S. 506-514.

Wild92 Wildemann, Horst: Die modulare Fabrik. Kundennahe Produktion durch Fertigungssegmentierung. St. Gallen 1992.

Will75 Williamson, Oliver E.: Markets and Hierachies: Analysis and Antitrust Implications. New York 1975.

Will85 Williamson, Oliver E.: The economic institutions of capitalism. New York 1985.

Will89 Williamson, Oliver E.: Transaction cost economics. In: Schmalensee, Richard; Willig, Robert D. (Hrsg.): Handbook of Industrial Organization. Band 1. Amsterdam 1989, S. 135-182.

Will90 Williamson, Oliver E.: Die ökonomischen Institutionen des Kapitalismus. Tübingen 1990.

Will91 Williamson, Oliver E.: Comparative economic organization: the analysis of discrete structural alternatives. In: Administrative Science Quarterly 36 (1991) 6, S. 269-296.

Will96 Williamson, Oliver E.: Transaktionskostenökonomik. Hamburg 1996.

Wolf97 Wolf, D.: Postponement. In: Bloech, Jürgen; Ihde, Gösta B. (Hrsg.): Vahlens großes Logistiklexikon. München 1997, S. 804-807.

WSCI02 o.V.: Web Service Choreography Interface (WSCI) 1.0 vom 8. August 2002. http://www.w3.org/TR/wsci/, Abruf am 2006-10-27.

WSFL01 o.V.: IBM: Web Services Flow Language (WSFL) Version 1.0. vom Mai 2001. http://www-3.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSFL.pdf, Abruf am 2006-10-27.

WSKM02 Wyssusek, Boris; Schwartz, Martin; Kremberg, Bettina; Mahr, Bernd: Erkenntnistheoretische Aspekte bei der Modellierung von Geschäftsprozessen. In: Das Wirtschaftsstudium: WISU, Zeitschrift für Ausbildung, Examen und Weiterbildung 31 (2002) 2, S. 238-246.

WuGr80 Wunderer, Rolf; Grunwald, Wolfgang: Führungslehre, Band 1: Grundlagen der Führung. Berlin 1980.

Wuns05 Wunsch, Matthias: Wissensbasierte Konstruktion kundenindividueller Produkte am Beispiel von Schuhen. Aachen 2005.

Wüpp99 Wüpping, Josef: Einsatz von Konfigurationswerkzeugen für die kundenindividuelle Serienfertigung. In: Controller Magazin (1999) 5, S. 369-375.

Wüpp00 Wüpping, Josef: Konfigurationstechnik für die individuelle Serienfertigung. In: IT Management 7 (2000) 4, S. 2-9.

Wüpp01 Wüpping, Josef: Produktkonfiguration – Der Weg zur kundenindividuellen Serienfertigung. http://www.technikwissen.de/library/content/17/2001/03/152.pdf, Abruf am 2002-05-08.

xCBL03 o.V.: xCBL version 4.0 Documentatio vom März 2003. http://www.xcbl.org/xcbl40/documentation.shtml, Abruf am 2006-10-27.

xCBL06 o.V.: About xCBL. http://www.xcbl.org/about.shtml, Abruf am 2006-10-27.

XLAN01 o.V.: XLANG. Web Services for Business Process Design. 2001. http://www.gotdotnet.com/team/xml_wsspecs/xlang-c/default.htm, Abruf am 2006-10-27.

Zach87 Zachman, John A.: A framework for information systems architecture. In: IBM Systems Journal 26 (1987) 3, S. 276-292.

ZeJM00 Zentes, Joachim; Janz, Markus; Morschett, Dirk: New dimensions in consumer goods marketing: manufacturer-retailer-relationships 2005. Saarbrücken 2000.

Zühl01 Zühlsdorff, Ralf H.: Anwendungsarchitektur. In: Back, Andrea; Becker, Jörg; König, Wolfgang; Krallmann, Hermann; Rieger, Bodo; Scheer, August-Wilhelm; Seibt, Dietrich; Stahlknecht, Peter; Strunz, Horst; Thome, Rainer; Wedekind, Hartmut (Hrsg.): Lexikon der Wirtschaftsinformatik. 4. Aufl., Berlin 2001, S. 42-44.